

PATENT

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

EXPRESS MAIL NO. EV351235462US

Applicant : Yukisato Kawamura
Application No. : N/A
Filed : January 20, 2004
Title : METHODS AND DEVICES FOR ADJUSTING AN ELECTRON-BEAM
USED IN AN ELECTRON BEAM PROXIMITY EXPOSURE
APPARATUS

Grp./Div. : N/A
Examiner : N/A

Docket No. : 51767/DBP/A400

LETTER FORWARDING CERTIFIED
PRIORITY DOCUMENT

Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

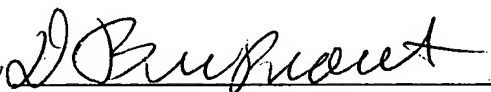
PostOffice Box 7068
Pasadena, CA 91109-7068
January 20, 2004

Commissioner:

Enclosed is a certified copy of Japanese Patent Application No. 2003-016337, which was filed on January 24, 2003, the priority of which is claimed in the above-identified application.

Respectfully submitted,

CHRISTIE, PARKER & HALE, LLP

By 
D. Bruce Prout
Reg. No. 20,958
626/795-9900

DBP/aam
Enclosure: Certified copy of patent application

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 3 年 1 月 2 4 日
Date of Application:

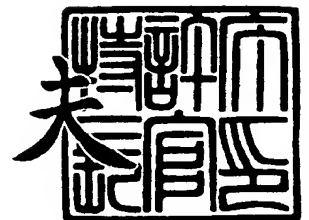
出 願 番 号 特 願 2 0 0 3 - 0 1 6 3 3 7
Application Number:
[ST. 10/C] : [J P 2 0 0 3 - 0 1 6 3 3 7]

出 願 人 株 式 会 社 東 京 精 密
Applicant(s):

2 0 0 3 年 1 1 月 7 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康 夫



出証番号 出証特 2 0 0 3 - 3 0 9 2 2 9 7

【書類名】 特許願

【整理番号】 1024907

【提出日】 平成15年 1月24日

【あて先】 特許庁長官 太田 信一郎 殿

【国際特許分類】 H01J 37/153
H01J 37/147

【発明の名称】 電子ビーム近接露光装置の調整方法および調整装置

【請求項の数】 9

【発明者】

【住所又は居所】 東京都三鷹市下連雀九丁目 7 番 1 号 株式会社東京精密
内

【氏名】 川村 幸里

【特許出願人】

【識別番号】 000151494

【氏名又は名称】 株式会社東京精密

【代理人】

【識別番号】 100077517

【弁理士】

【氏名又は名称】 石田 敬

【電話番号】 03-5470-1900

【選任した代理人】

【識別番号】 100092624

【弁理士】

【氏名又は名称】 鶴田 準一

【選任した代理人】

【識別番号】 100114177

【弁理士】

【氏名又は名称】 小林 龍

【選任した代理人】

【識別番号】 100082898

【弁理士】

【氏名又は名称】 西山 雅也

【選任した代理人】

【識別番号】 100081330

【弁理士】

【氏名又は名称】 樋口 外治

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 036135

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0008990

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 電子ビーム近接露光装置の調整方法および調整装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 所定形状のスリットにより電子ビームを整形して前記スリットから所定距離を隔てた位置で測長される測長ビームを形成し、少なくとも 1 つの電子ビーム状態における前記測長ビームの測長結果と該電子ビーム状態を示す情報とを較正情報として対応して記憶しておく記憶ステップと、

前記スリットによる測長ビームを測長する測長ステップと、

前記測長ステップの測長結果と前記較正情報とに基づき前記電子ビームを較正する較正ステップとを備えることを特徴とする電子ビーム近接露光装置の調整方法。

【請求項 2】 前記電子ビーム状態は該電子ビームの平行度状態であり、前記較正ステップは、前記電子ビームの焦点を較正することを特徴とする請求項 1 に記載の調整方法。

【請求項 3】 前記電子ビーム状態は非点収差状態であり、前記較正ステップは、前記電子ビームの非点収差を較正することを備えることを特徴とする請求項 1 に記載の調整方法。

【請求項 4】 所定形状のスリットにより電子ビームを整形して前記スリットから所定距離を隔てた位置で測長される測長ビームを形成し、前記電子ビーム断面上の直交する 2 方向に該測長ビームを測長する測長ステップと、

前記 2 方向に関する測長結果を比較する比較ステップと、

該比較結果に基づき電子ビームの非点収差を補正する非点収差補正ステップとを備えることを特徴とする電子ビーム近接露光装置の調整方法。

【請求項 5】 所定形状のスリットにより電子ビームを整形して該スリットから所定距離を隔てた位置で測長される測長ビームを形成する整形手段と、

前記測長ビームを測長する測長手段と、

少なくとも 1 つの電子ビーム状態における前記測長手段による測長結果とそのときの電子ビーム状態を示す情報とを、較正情報として対応して記憶しておく記憶手段と、

前記測長手段による測長結果と前記較正情報とに基づき前記電子ビームを較正する較正手段とを備えることを特徴とする電子ビーム近接露光装置の調整装置。

【請求項 6】 前記電子ビーム状態は該電子ビームの平行度状態であり、前記較正手段は、前記電子ビームの焦点を較正することを特徴とする請求項 5 に記載の調整装置。

【請求項 7】 前記電子ビーム状態は該電子ビームの非点収差状態であり、電子ビーム較正手段は、前記電子ビームの非点収差を較正することを特徴とする請求項 5 に記載の調整装置。

【請求項 8】 所定形状のスリットにより電子ビームを整形して該スリットから所定距離を隔てた位置で測長される測長ビームを形成する整形手段と、

前記電子ビーム断面上の直交する 2 方向に前記測長ビームを測長する測長手段と、

前記 2 方向に関する測長結果を比較する比較手段と、

前記比較結果に基づき前記電子ビームの非点収差を補正する非点収差補正手段とを備えることを特徴とする電子ビーム近接露光装置の調整装置。

【請求項 9】 前記測長手段は、CCD 受光素子を有するイメージセンサを備えることを特徴とする請求項 5 から 8 いずれか一項に記載の調整装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、電子ビーム近接露光装置の電子ビームを調整する方法および調整装置に関し、特に電子ビームの焦点、非点収差を調整する方法および調整装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

図 1 は、特許文献 1 に開示されているような従来の電子ビーム近接露光装置の概略構成図である。該電子ビーム近接露光装置 1 は、主として電子ビーム 3 を発生する電子ビーム源 5、電子ビーム 3 を平行ビームにするレンズ 7、Y 軸、X 軸非点収差コイル 9、11 および整形アパチャ 13 を含む電子銃 15 と、主偏向器

17、19 および副偏向器 21、23 を含み、電子ビームを水平に走査する走査手段 25 と、転写用マスク 27 と静電チャック 29 と、XY ステージ 31 とから構成されている。

【0003】

転写用マスク 27 は、静電チャック 29 に吸着されたウエハ 33 に近接するように配置される。この状態で転写用マスク 27 に垂直に電子ビームを照射すると、転写用マスク 27 のマスクパターンを通過した電子ビーム 3 がウエハ 33 上のレジスト層 35 に照射されてマスクパターンが等倍転写される。

【0004】

しかし、転写用マスク 27 のマスクパターンを通過する電子ビーム 3 が、平行ビームになっていないと、マスクパターンはレジスト層 35 に等倍転写されない。図 2 (a) は、非平行ビーム 3'、3'' が転写用マスク 27 の通過孔 37 を通過してレジスト層 35 に照射される様子をビーム側面から見た図であり、図 2 (b) は、通過孔 37 と、レジスト層 35 上における通過孔 37 通過後の非平行ビーム 3'、3'' による照射部分の上面図である。図 2 (a) に示すように、通過孔 37 を通過した後、非平行ビーム 3'、3'' は広がるまたは狭まるために、図 2 (b) に示すとおり、通過孔 37 よりもそれぞれ大きくまたは小さくレジスト層 35 に照射部分を作ることとなる。このような照射部分が生じないようにするために、操作者は常に電子ビームが平行ビームとなるようにレンズ 7 を調整しなければならない。

【0005】

また、電子ビーム 3 に非点収差があると、ビーム転写用マスク 27 またはウエハ 33 上に電子ビーム 3 を細く集束することができず、かつ略ビーム方向に沿って変化して楕円形に歪むビーム断面を作る。したがって、このような非点収差があると、転写用マスク 27 の通過孔 37 通過後の電子ビームは、図 3 に示す 39 のように歪んだ照射部分を作る。

【0006】

非点収差の補正は、8 極子コイル等により通常行われている。図 4 は、Y 軸非点収差補正コイル 9 をなすコイル YC11、YC12、YC21、YC22、X

軸非点収差補正コイル 11 をなすコイル XC 11、XC 12、XC 21、XC 22 を組み合わせて構成された 8 極子コイルの上面図である。図 4 に示すように X 軸非点収差補正コイル 11 は、Y 軸非点収差補正コイル 9 に対して 45° 回転された状態で配置され、YC 11 と YC 12、YC 21 と YC 22、XC 11 と XC 12、XC 21 と XC 22 は各々対向して配置されている。今、Y 軸および X 軸について Y1、Y2、X1、X2 方向を図 4 のように定める。また非点収差補正コイル 9、11 は一般的に同一平面上に構成されるが、図 1、図 10 および図 22 においては本発明の説明を容易にするために分離して図示した。しかしながら、これにより本発明の主旨は何ら影響を受けるものではない。

【0007】

電子ビームの非点収差調整は以下のように行う。例えば電子ビーム 3 が図 4 の断面 39 を有する場合は、YC 11 と YC 12 に流される電流により生じる磁場によって電子ビーム 3 が Y1 方向に集束するように動作を受けるとし、同時に YC 21 と YC 22 には電子ビーム 3 が Y2 方向に発散するように動作を受けるとし電流を流す。XC 11 と XC 12 には X1 方向に集束し、XC 21 と XC 22 には X2 方向に発散するように電流を流す。このようにして Y 軸方向および X 軸方向についてそれぞれ非点収差調整を行う。

【0008】

【特許文献 1】

特許第 2951947 号公報（全体）

【0009】

【発明が解決しようとする課題】

従来の上記焦点調整および非点収差調整は、装置に熟練した技術を有する者が 2 次電子検出像等を観測して調整を行うか、あるいは一定の間隔でテストパターンを実際に転写してみて、その転写されたパターンの幅や歪みを計測して、所望のパターンどおり転写されるか否かを検査し、レンズ 7、非点収差補正コイル 9、11 を調整することにより行っていた。このため上記焦点調整および非点収差調整作業は、時間や労力がかかり、その操作には熟練を要するものであった。これにより、露光装置のスループット、歩留まりの悪化を引き起こすだけでなく、

技術者の調整方法等により装置間性能の差異をも引き起こしていた。

【0010】

本発明は、上記課題を解決するものであって、焦点および非点収差調整を一定の評価方法により自動的に短期間で行うことができる電子ビーム近接露光装置の調整方法および調整装置を提供することを目的とする。

【0011】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するために、本発明による調整方法では、例えばスリット孔が一定の所定幅を有する長方形孔であるような、所定長部分を含む一定形状のスリットを利用する。そして該スリットに電子ビームを通過させて電子ビーム断面を整形し測長ビームを形成する。測長ビームの断面には、前記所定長部分に対応した測長部分が形成される。そして電子ビームの平行度や非点収差などの電子ビーム状態によって該測長部分の長さが変化するように、前記スリットから所定距離隔てた位置において測長し、その測長結果に基づいて電子ビーム状態の較正（キャリブレーション）を行う。ここで電子ビーム状態としては、例えば電子ビームの平行度や非点収差状態などが考え得る。

【0012】

図5のフローチャートを参照して本発明による電子ビームの焦点の較正について具体的に説明する。まず、電子ビーム装置の各焦点状態において、前記スリットによる測長ビームの測長部分を前記スリットから所定距離隔てた位置において測長した結果と、そのときのビーム平行度を示す情報とを、較正情報として対応させて予め記憶しておく（S41、S43）。

【0013】

較正を行う際には、まず測長ビームの測長部分を前記スリットから所定距離隔てた位置において測長する（S45）。そして、S45で得た測長結果とS41で得た較正情報とに基づいて焦点較正を行う。すなわち、S45で得た測長値が前記較正情報において所望のビーム平行度に対応して記憶された測長値と等しくなるまで（S47）焦点調整を行う（S49）。以上により電子ビームの焦点調整が行われる。

【0014】

前記解決手段により、一度校正情報を記憶しておけば（S41、S43）焦点調整の度に行っていたテストパターンによる転写をする必要がなくなるので、転写に要していた時間や労力を節約することが可能となる。またさらにその調整操作を自動化することが可能となる。

【0015】

ここで、前記ビーム平行度を示す情報としては、所定幅のパターンにより実際にレジスト層35に転写により生ずる転写された像のパターン幅を利用するのが好適である。また、所望のビーム平行度とは最適ドーズ量下において、原パターン幅と前記転写されたパターン幅が等しい場合をいう。かかる状態のときに等倍転写されているからである。

【0016】

図6のフローチャートを参照して本発明による電子ビームの焦点の校正について具体的に説明する。まず、電子ビーム装置の各非点収差状態において、前記スリットによる測長ビームの測長部分を前記スリットから所定距離隔てた位置において測長した結果と、そのときのビーム非点収差状態を示す情報とを、校正情報として対応させて予め記憶しておく（S51、S53）。このとき非点収差状態を示す情報は、図4で定めたY軸方向、X軸方向それぞれについて記憶し、それぞれY軸方向についてはY1またはY2方向に、またX軸についてはX1またはX2方向に、前記測長部分を設けた測長値と対応させて記憶する。

【0017】

続くステップS55～59ではY軸非点収差の調整を行う。まず測長ビームの測長部分を前記スリットから所定距離隔てた位置において測長する（S55）。このとき測長部分は、Y1またはY2のうち、S51で記憶した校正情報において、非点収差状態を示す情報と対応させて記憶した測長値と同じ方向に設ける。そしてS55で得た測長結果とS51で得た校正情報とに基づいて焦点校正を行う。すなわち、S55で得た測長値が前記校正情報において所望のY軸非点収差状態に対応して記憶された測長値と等しくなるまで（S57）焦点調整を行う（S59）。

【0018】

その後、電子ビームのY軸非点収差調整ステップ（S55～59）と同様のステップS61～S65によってX軸非点収差調整が行われる。

【0019】

また本発明では、上記の較正情報を用いないより簡易な非点収差調整方法を提供する。図7を用いて、本発明による非点収差調整方法を説明する。ここでは例としてY方向の非点収差調整方法を説明する。まず本発明による非点収差調整方法では、前記の焦点／非点収差較正方法と同様に所定長部分を含む一定形状のスリットを利用する。そして該スリットに電子ビームを通過させて電子ビーム断面を整形し測長ビームを形成する。測長ビームの断面には、前記所定長部分に対応した測長部分が形成される。測長部分の形成は、前記電子ビーム断面上の直交する2方向に関して測長可能に形成する。そして非点収差によって測長部分の長さが直交する2方向に変化するように、前記スリットから所定距離隔てた位置で各々測長し（S71、S73）（第1方向の測長値をY1、第2方向の測長値をY2とする）、その2方向の測長値を比較し（S75）、比較結果に基づきY軸非点収差補正を行う（S77）こととした。X軸の非点収差補正をするときは、前記スリットをX方向に測長可能にしてS71～S77と同様のステップを繰り返せばよい。以上により電子ビームの非点収差調整が行われる。

【0020】

本発明による非点収差調整方法に使用するスリットおよび整形手段は、好適には図8に示すように種々の形状を有する整形手段を使用しうる。図8（a）は、1方向に所定幅を有するスリット81、83、85、87を順次直交する方向に設けた整形手段である。所定長部分として使用するスリットの89部分によりY1方向に、91部分によりY2方向の測長部分を設けてビーム断面3を整形する。図8（b）は、直交する2方向に所定幅を有するスリット93を設けた整形手段である。所定長部分として使用するスリットの95部分によりY1方向に、97部分によりY2方向の測長部分を設けてビーム断面3を整形する。これらの整形手段においては、前記直交する2方向のスリット孔の幅89と91、95と97をそれぞれ同一にしておき、各測長値Y1、Y2が等しくなるよう調整するこ

ととしてよい。図 8 (c) は、1 方向に所定幅を有するスリット 9 9 を設けて図 8 (d) のように回転させ、直交する 2 方向についてそれぞれ測長部分 1 0 1、1 0 3 を測長するための整形手段である。

【0021】

図 9 を参照する。本発明および本発明による以下に開示する実施例で使用する、測長ビームの測長方法では、整形手段であるスリットの中心 1 0 5 は必ずしも電子ビーム 3 の中心 1 0 7 に固定されて使用されるのではなく、ビーム径によって最適な測長を行うことを可能とするために、図 9 (a) に示すように、ビーム径に対応してスリット中心 1 0 5 を移動 (Δ_1) できることとする。またスリットを一定の所定幅に設けることにより、測長位置 9 1" もビーム径に対応して移動 (Δ_2) できることとする (図 9 (b))。

【0022】

また、図 9 (c) に示すように、スリット (例えばスリット 8 1) の異なる 2 箇所スリット幅 1 0 9 と、1 1 1 とが異なる幅を有することが考えられる。したがって、校正情報を記憶する際に各電子ビーム状態として対応させて記憶される各測長値と、校正の際に測長される測長値とは、必ずスリットの同じ位置で測長されることが好適であり、本発明および本発明による以下に開示する実施例で使用する、測長ビームの測長方法では、記憶される測長値と校正の際に測長される測長値の測長箇所を一定に保つことで、電子ビーム状態の測定信頼性が向上させる。さらに校正情報が、それに含まれる測長値をスリット中のどこで測長したかを示す情報も併せて記憶することとすることが好適である。

【0023】

また、図 9 (c) に示すように、スリット (例えばスリット 8 1) の異なる 2 箇所スリット幅 1 0 9 と、1 1 1 とが異なる幅を有する場合でも測長精度を高めるために、本発明および本発明による以下に開示する実施例で使用する、測長ビームの測長方法では、図 9 (d) に示すように複数位置 1 1 3 での測長結果の平均値を測長値として使用することも可能である。

【0024】

前記解決手段により、テストパターンによる転写をする必要がなくなるため時

間や労力を節約しうる。またその調整操作を自動化することが可能となる。また、前記スリットの所定長部分としてはスリット孔の幅等が好適に利用されうるが、電子ビームを通過させる部分のみならず電子ビームを遮るマスク部分を所定長とすることによっても本発明は実現しうることに留意されたい。

【0025】

また本発明の焦点および非点収差調整方法では、測長手段としてCCD受光素子を有するイメージセンサを備えることとした。これにより同時に複数の測長部分の測長を行うことが可能となり、複数測長部分の測長によって焦点調整の精度を高める際に簡単な機構で実現することが可能となる。また非点収差調整において直交する2方向の測長を行う際にも簡単な機構で実現することが可能となる。

【0026】

【発明の実施の形態】

図10は、本発明による電子ビーム近接露光装置の焦点／非点収差調整装置101、および調整装置101を設けた図1と同様の電子ビーム近接露光装置1の概略構成図である。図1で説明したように、電子ビーム近接露光装置1は、主として電子ビーム3を発生する電子ビーム源5、レンズ7、Y軸、X軸非点収差コイル9、11および整形アパチャ13を含む電子銃15と、主偏向器17、19および副偏向器21、23を含み、電子ビームを水平に走査する走査手段25と、転写用マスク27と静電チャック29と、XYステージ31とから構成されている。

【0027】

調整装置101は、XYステージ31に載置される検知部115を備える測長手段117、測長手段117による測長結果と電子ビームの平行度とを対応して記憶する焦点較正情報記憶手段119、測長手段117による測長結果とY軸、X軸方向の非点収差状態とをそれぞれ対応して記憶する非点収差較正情報記憶手段121、測長手段117の測長値と焦点較正情報記憶手段119に記憶される焦点較正情報とに基づきレンズ7を制御して焦点の較正を行う焦点較正手段123、測長手段117の測長値と非点収差較正情報記憶手段121に記憶される非点収差較正情報に基づきY軸非点収差コイル9を制御してY軸非点収差補正を行

う Y 軸非点収差補正手段 125、および測長手段 117 の測長値と非点収差校正情報記憶手段 121 に記憶される非点収差校正情報に基づき X 軸非点収差コイル 11 を制御して X 軸非点収差補正を行う X 軸非点収差補正手段 127 を備える。

【0028】

図 11 (a) は、XY ステージ 31 に載置された検知部 115 の外観図を示し、図 11 (b) は検知部 115 の概略構成図を示す。検知部 115 は、所定長部分を有するスリット 129 を備えた電子ビーム整形手段 131 を上面に有し、内部にはスリット 129 を通過して整形された測長ビームの衝突により発光する発光面 133、発光面 133 に生じた像を検知するイメージセンサ 135、および発光面 133 に生じた像をイメージセンサ 135 上に結像するレンズ 137 からなる光学系を備える。発光面 133 は、平行ビームでない電子ビームがスリット 129 を通過した際に、発光面 133 に形成される測長ビーム像の測長部分の長さが変化するように、スリット 129 と所定の距離 D を隔てて設けられている。イメージセンサ 135 には、CCD 受光素子が好適に使用される。

【0029】

整形手段 131 によるビーム断面 3 の整形、および検知部 115 を備える測長手段 117 による整形された測長ビームの測長部分の測長方法を図 12 を用いて説明する。図 12 (a) は検知部上面に設けられた整形手段 131 の上面図である。整形手段 131 に設けられたスリット 129 は一定の所定幅を有する長方形孔として設けられており、その切片 A-A' 部分を所定の幅を有する所定長部分として使用する。整形手段 131 に照射された電子ビーム 3 は、スリット 129 により整形されて、図 12 (b) に示す測長ビーム像 139 を発光面 133 上に形成する。この像 139 には、スリットの所定長部分 (A-A' 部分) に対応して測長部分 (切片 B-B' 部分) が形成される。そしてイメージセンサ 135 を使用して、B-B' 部分前後の 1 次元照度プロファイルを図 12 (c) のように作成して、測長手段 117 により最大照度 S_{max} の半値 $S_{max}/2$ となる半値幅を演算する。以上により測長値が取得される。

【0030】

図 13 は、焦点校正情報記憶手段 119 に記憶される焦点校正情報の例である

。図 13 の焦点較正情報は、ビーム平行度を示す情報として所定幅（例として $40\mu\text{m}$ ）のパターンにより、各焦点状態 A～E において実際にレジスト層 35 に転写された像のパターン幅を SEM（走査型電子顕微鏡）などで測長した値を使用する。また図 13 の焦点較正情報は、前記各焦点状態において測長手段 117 により測長された測長値（例として、スリット 129 の所定長部分を $20\mu\text{m}$ とする）を、転写された像のパターン幅と対応させて記憶している。焦点較正情報は、レンズ 7 の調整範囲の全域（またはその一部）に渡って最小調整ステップ毎にデータを設けるのが好適である。

【0031】

図 14 および図 13 を参照して、本発明による焦点調整方法を説明する。図 14 は本発明による焦点調整方法を説明するフローチャートである。

【0032】

予め焦点調整に先立ち、レンズ 7 の調整範囲の全域（またはその一部）にわたって焦点状態を変化させて、それぞれ焦点状態においてレジスト層 35 に転写された像のパターン幅と、そのときに測長手段 117 により測長された測長値を対応付けて記憶しておく（S141、S143）。

【0033】

焦点調整の際には、まず測長手段 117 により整形された測長ビーム断面の測長部分を測長する（例えば測長値は $20.8\mu\text{m}$ であるとする）（S145）。そして焦点較正手段 123 は、該測長値（ $20.8\mu\text{m}$ ）が所望のパターン幅（ $40.0\mu\text{m}$ ）に対応して焦点較正情報記憶手段 119 に記憶された測長値（ $21.0\mu\text{m}$ ）であるか否かを判断して（S147）、所望のパターン幅に係る測長値（ $21.0\mu\text{m}$ ）に至るまでレンズ 7 を制御して焦点調整を行う。以上により電子ビームの焦点調整が行われる。

【0034】

ここで図 13（a）に示すように、所望のパターン幅（ $40.0\mu\text{m}$ ）を形成する焦点状態（状態 C）において、測長値がスリット 129 の所定長（ $20\mu\text{m}$ ）とならなくても焦点調整を正確に達成しうることに留意されたい。實際上、図 13（b）に示すように整形手段 131 と発光面 133 とは、平行ビームでない

電子ビームがスリット 129 を通過した際に、発光面 133 に形成される像の測長部分の長さが変化するように、距離 D を隔てて設けられているため、電子ビームのクーロン効果によって整形された測長ビームが広がる。このため発光面 133 に形成される像の測長値は、平行ビーム状態であってもスリット 129 の所定長と同一とはならないことがある。本発明では、そのような測長値と所望のパターン幅を対応させて記憶し較正することで焦点調整を正確に達成している。同様に、発光面 133 に形成される像とイメージセンサ 135 に結像される像の大きさに差があっても、正確に焦点調整しうることに留意されたい。

【0035】

図 13 (b) の焦点較正情報は、ある所定の調整ステップ幅毎に焦点状態を変えて記憶したものであるが、図に示すように所望の焦点状態 E (パターン幅 = $40.0 \mu\text{m}$) と、そうでない状態 F (パターン幅 = $40.1 \mu\text{m}$) とが同じ測長値 ($21.0 \mu\text{m}$) に係っている。このような場合焦点較正手段 123 は以下のように処理を行う。

【0036】

S149 による調整の結果、前記測長値 ($21.0 \mu\text{m}$) となった場合には、焦点較正手段 123 は、それまでの調整方向を考慮して所望の焦点状態に至ったかどうかの判断を行う。すなわち、図 13 (b) の例では、前回の調整が測長値を増大させる方向であった場合や前回の測長値が今回の測長値より小さい場合は、所望の焦点状態 E に至ったと判断する。逆に前回の調整が測長値を減少させる方向であった場合や前回の測長値が今回の測長値より大きい場合は、他の焦点状態 (例えば状態 F) に至ったと判断する。

【0037】

最初の測長値が前記測長値 ($21.0 \mu\text{m}$) となりそれまでの調整方向を参考にできない場合は、焦点較正手段 123 は、いずれかの調整方向にレンズ 7 を制御し測長値を変化させる。すなわち図 13 (b) の例では、測長値が減少する方向に測長値が減少 ($20.95 \mu\text{m}$) するまでレンズ 7 を制御する。これにより焦点較正手段 123 は、どの状態にあるか (状態 D) 知ることができ、その後は上述の方法で焦点較正を行うことができる。

【0038】

また、電子ビーム 3 が平行ビームでない場合や非点収差がある場合は、その電子の進行方向の傾きはビーム中心より周辺部分の方が大きいため、図 15 に示すように整形ビーム断面 139 の測長部分として、できるだけ電子ビーム 3 の周辺部分の整形ビーム断面幅を使用することが好適である。

【0039】

また前記検知部 115 として、イメージセンサ 135 を備えた前記態様の代替として、図 16 (a) に示す矩形整形手段 151 およびナイフエッジ・ファラデーカップ 153 からなる検知部を使用することとしてもよい。整形手段 151 により電子ビームは、図 16 (a) 中斜線で示された領域 155 に整形される。ナイフエッジ・ファラデーカップ 153 は図示しない移動手段により図中矢印の方向に移動可能とし、図 16 (b) に示すように矩形の電子受入口 157 を有するアパチャ 159 および電子検出器 161 を備える。

【0040】

前記代替検知部による測長方法を、図 17 を参照して説明する。図 17 (a) に示すように、整形された測長ビームとして矩形整形手段 151 による矩形電子ビーム 155 を使用する。矩形電子ビーム 155 は、位置 153' 付近で電子受入口 157 に入射し始め、位置 153'' 付近で完全に入射するものとする。そこで位置 153' 付近から位置 153'' 付近までファラデーカップを移動して、電子受入口 157 に入射する電子量（電流量）を検出する。すると検出される入射電子量とファラデーカップ 153 の位置との関係は、図 17 (b) に示すグラフになる。これを微分して得られる図 12 (c) と同様のプロファイルの最大値の半値幅を取れば、測長ビームの幅の測長を行うことができる。

【0041】

次に本発明による非点収差較正方法を説明する。図 18 は、非点収差較正情報記憶手段 121 に記憶される非点収差較正情報の例である。図 18 の非点収差較正情報は、非点収差状態を示す情報として所定幅（例として $40\mu\text{m}$ ）を Y1、Y2、X1 および X2 方向に有するパターンにより、各非点収差状態 A～E において実際にレジスト層 35 に転写された各像のパターン幅を使用する。また図 1

8の非点収差校正情報は、前記各非点収差状態において測長手段117により測長されたY1（またはY2）およびX1（またはX2）方向の測長値（例として、スリット129の所定長部分を $20\mu\text{m}$ とする）を、転写された像のパターン幅と対応させて記憶している。非点収差校正情報は、非点収差補正コイル9、11の調整範囲の全域（またはその一部）に渡って最小調整ステップ毎にデータを設けるのが好適である。

【0042】

図19は本発明による非点収差校正方法を説明するフローチャートである。予め非点収差調整に先立ち、非点収差補正コイル9、11の調整範囲の全域（またはその一部）にわたって非点収差状態を変化させて、それぞれ焦点状態においてレジスト層35に転写された像Y1、Y2、X1およびX2方向のパターン幅と、そのときに測長手段117により測長されたY1（またはY2）およびX1（またはX2）方向の測長値を対応付けて記憶しておく（S163、S165）。

【0043】

Y軸方向の非点収差校正の際には、まず、図20（a）に示すように、検知部115（または整形手段のみ）を調整してスリット129をY軸非点収差コイル9の方向に合わせる。そしてスリット129により整形された結果、Y1方向の測長部分をもつに至った測長ビーム断面の測長部分181を測長手段117により測長する（S167）。測長は前記の焦点調整方法における検知部115を備えた測長手段117による測長方法と同様に行う。その結果が例えば測長値は $20.85\mu\text{m}$ であるとする（状態A）。そしてY軸非点収差校正手段125は、該測長値（ $20.85\mu\text{m}$ ）が所望転写結果、すなわちY1方向転写幅とY2方向転写幅とが等しく（ $40.0\mu\text{m}$ ）なる（状態C）に対応して焦点校正情報記憶手段121に記憶された測長値（ $20.95\mu\text{m}$ ）であるか否かを判断して（S169）、所望のパターン幅に係る測長値（ $20.95\mu\text{m}$ ）に至るまでY軸非点収差補正コイル9を制御してY軸非点収差調整を行う（S171）。

【0044】

X軸方向の非点収差校正の際には、図21（a）に示すように、検知部115（または整形手段のみ）を 45° 回転させてスリット129をX軸非点収差コイ

ル 11 の方向に合わせる (S173)。X1 方向の測長部分 185 を測長して、上記 S167～171 に示した Y 軸方向の非点収差較正と同様に X 軸非点収差調整を行う (S175～179)。以上のステップ S163～179 により非点収差較正が行われる。図 21 (a) のように検知部 115 を回転させる代わりに、図 21 (c) に示すようなスリット 129 を備えた検知部を使用してもよい。図 21 (c) の検知部 115 は、Y 軸非点収差コイル 9、X 軸非点収差コイル 11 の方向に合わされた 8 個のスリット 129 を備える。

【0045】

図 22 は、本発明によるより簡易な電子ビーム近接露光装置の焦点／非点収差調整装置 201、および調整装置 201 を設けた図 1 と同様の電子ビーム近接露光装置 1 の概略構成図である。調整装置 201 は、図 10 に示した調整装置 101 の非点収差方法を簡易にすべく非点収差情報記憶手段 121 の代わりに、測長ビーム断面に Y1、Y2 方向に設けられた測長部分の測長値を相互に比較する Y 軸測長結果比較手段 189、測長ビーム断面に X1、X2 方向に設けられた測長部分の測長値を相互に比較する X 軸測長結果比較手段 191 を備え、Y 軸非点収差補正手段 125' は、Y 軸測長結果比較手段 189 による比較結果に基づき Y 軸非点収差コイル 9 を制御し、および X 軸非点収差補正手段 127' は、X 軸測長結果比較手段 191 による比較結果に基づき X 軸非点収差コイル 11 を制御することとした。

【0046】

次に図 23 を参照して、本発明による非点収差調整方法を説明する。図 23 は本発明による非点収差調整方法を説明するフローチャートである。まず図 20 (a) に示すように、検知部 115 のスリット 129 を Y 軸非点収差コイル 9 の方向に合わせる。スリットは図 12 (a) に示したものと同様の 1 方向に一定の所定幅を有する長方形孔である 4 つのスリットを順次直交する方向に設けた整形手段を使用する。ここで、簡単のために各スリットの幅は同一であるとする。

【0047】

そして、まず図 20 (b) に示すように、検知部 115 内の発光面 133 に生じる測長ビーム像 139 の直交する Y1 方向、Y2 方向それぞれの測長部分 18

1、183を測長する(S211、S213)。測長は前記の焦点調整方法における検知部115を備えた測長手段117による測長方法と同様に行う。

【0048】

その後Y軸測長結果比較手段189は、Y1、Y2方向の測長値が等しいかどうかを判定し(S215)、Y軸非点収差補正手段125'はその比較結果が等しくなるまでY軸非点収差コイル9を制御してY軸非点収差を調整する(S217)。例えばY1、Y2方向の測長値が図24(a)の表に示されるように測長されたならば、Y軸測長結果比較手段189およびY軸非点収差補正手段125'は、Y1、Y2方向の測長値が各々20.95 μ mとなるまで非点収差補正を行う。

【0049】

その後、図21(a)に示すように、検知部115(または整形手段のみ)を45°回転させてスリット129をX軸非点収差コイル11の方向に合わせる(S219)。そして、図21(b)に示すように、検知部115内の発光面133に生じる測長ビーム像139の直交するX1方向、X2方向それぞれの測長部分185、187を測長する(S221、S223)。そしてX軸測長結果比較手段191およびX軸非点収差補正手段127'は、その測長値が相互に等しくなるまで(図24(b)の例では、それぞれ20.90 μ mとなるまで)X軸非点収差コイル11を制御してX軸非点収差を調整する(S225、S227)。以上により電子ビームの非点収差の調整が行われる。図21(a)のように検知部115を回転させる代わりに、図21(c)に示すようなスリット129を備えた検知部115を使用することとしてもよい。

【0050】

図23の非点収差調整方法においても、図10の焦点／非点収差調整装置101のように非点収差校正情報を使用することにより、より精度の高い非点収差調整が可能となる。図25は、図22の焦点／非点収差調整装置201に非点収差校正情報記憶手段302を加えた焦点／非点収差調整装置301および電子近接露光装置1の概略構成図である。非点収差校正情報記憶手段302には、測長手段117により各非点収差状態において、Y軸非点収差コイル9、X軸非点収差

コイル 11 の方向である Y1 方向、Y2 方向、X1 方向、X2 方向に測長した値と、そのときの各方向に所定幅のパターンによりレジスト層 35 に転写された像のパターン幅とが対応して非点収差校正情報として記憶されている。図 26 に非点収差校正情報を例示する。

【0051】

図 27 は、図 25 の焦点／非点収差調整装置 301 を用いた非点収差調整方法を示すフローチャートである。図 23 の非点収差調整方法と比較すると、図 23 の S215、S225 において、測長手段 117 による測長値 Y1 と Y2、および X1 と X2 を直接比較するのではなく、測長値 Y1、Y2、X1、X2 と対応して記憶された転写パターン幅 Y1' と Y2'、X1' と X2' を導出して (S301、S303)、それぞれを比較する (S215'、S225')。このように図 27 の非点収差調整方法では、実際に転写されたパターン幅を比較して非点収差調整を行うため、図 23 の非点収差調整方法と比べてより高精度の調整が可能となる。

【0052】

また、図 26 に例示するように対比される転写パターン幅 Y1' と Y2'、X1' と X2' が同一であれば、これに対応して記憶される測長値 Y1 と Y2、X1 と X2 は同一である必要はないため、測長に使用するスリット 129 の各スリット幅は必ずしも同一でなくてもよい。また、図 21 (a) のように検知部 115 を回転させる代わりに、図 21 (c) に示すようなスリット 129 を備えた検知部を使用してもよい。

【0053】

【発明の効果】

本発明により、電子ビーム近接露光装置の焦点および非点収差調整を自動的に行うことができる調整方法および調整装置が提供される。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

従来の電子ビーム近接露光装置の概略構成図である。

【図 2】

(a) は非平行電子ビームの側面図であり、(b) は非平行電子ビームにより生ずる照射部分の上面図である。

【図 3】

非点収差を有する電子ビームにより生ずる照射部分の上面図である。

【図 4】

非点収差補正コイルの上面図である。

【図 5】

本発明による焦点調整方法のフローチャートである。

【図 6】

本発明による非点収差調整方法のフローチャートである。

【図 7】

本発明による非点収差調整方法のフローチャートである。

【図 8】

本発明による調整方法に使用するスリットおよび整形手段の上面図である。

【図 9】

本発明による調整方法のスリットの使用方法を説明する図である。

【図 10】

本発明による焦点／非点収差調整装置の第 1 の実施態様および図 1 に示す電子ビーム近接露光装置の概略構成図である。

【図 11】

(a) は、図 10 に示す X Y ステージに載置された検知部の外観図であり、(b) 該検知部の概略構成図である。

【図 12】

(a) は、図 11 に示す検知部上面に設けられた整形手段の上面図であり、(b) は図 11 に示す発光面に形成された測長ビームの像の上面図であり、(c) は、該像の測長部分における照度のプロファイルである。

【図 13】

焦点較正情報の例を示す表である。

【図 14】

図 10 に示した調整装置の焦点調整方法のフローチャートである。

【図 15】

発光面に形成された測長ビームの測長部分の好適例を説明する図である。

【図 16】

図 10 に示す検知部の代替例を説明する図である。

【図 17】

図 16 の検知部による測長方法を説明する図である。

【図 18】

非点収差較正情報の例を示す表である。

【図 19】

図 10 に示した調整装置の非点収差調整方法のフローチャートである。

【図 20】

図 19 に示した調整方法における Y 軸非点収差調整の際の整形手段、測長部分の方向を説明する図である。

【図 21】

図 19 に示した調整方法における X 軸非点収差調整の際の整形手段、測長部分の方向を説明する図である。

【図 22】

本発明による焦点／非点収差調整装置の第 2 の実施態様および図 1 に示す電子ビーム近接露光装置の概略構成図である。

【図 23】

図 22 に示した調整装置の非点収差調整方法のフローチャートである。

【図 24】

図 23 に示した調整方法における Y 軸および X 軸の測長結果の例を示す表である。

【図 25】

本発明による焦点／非点収差調整装置の第 3 の実施態様および図 1 に示す電子ビーム近接露光装置の概略構成図である。

【図 26】

図 25 の焦点／非点収差調整装置における非点収差較正情報の例を示す表である。

【図 27】

図 25 に示した調整装置の非点収差調整方法のフローチャートである。

【符号の説明】

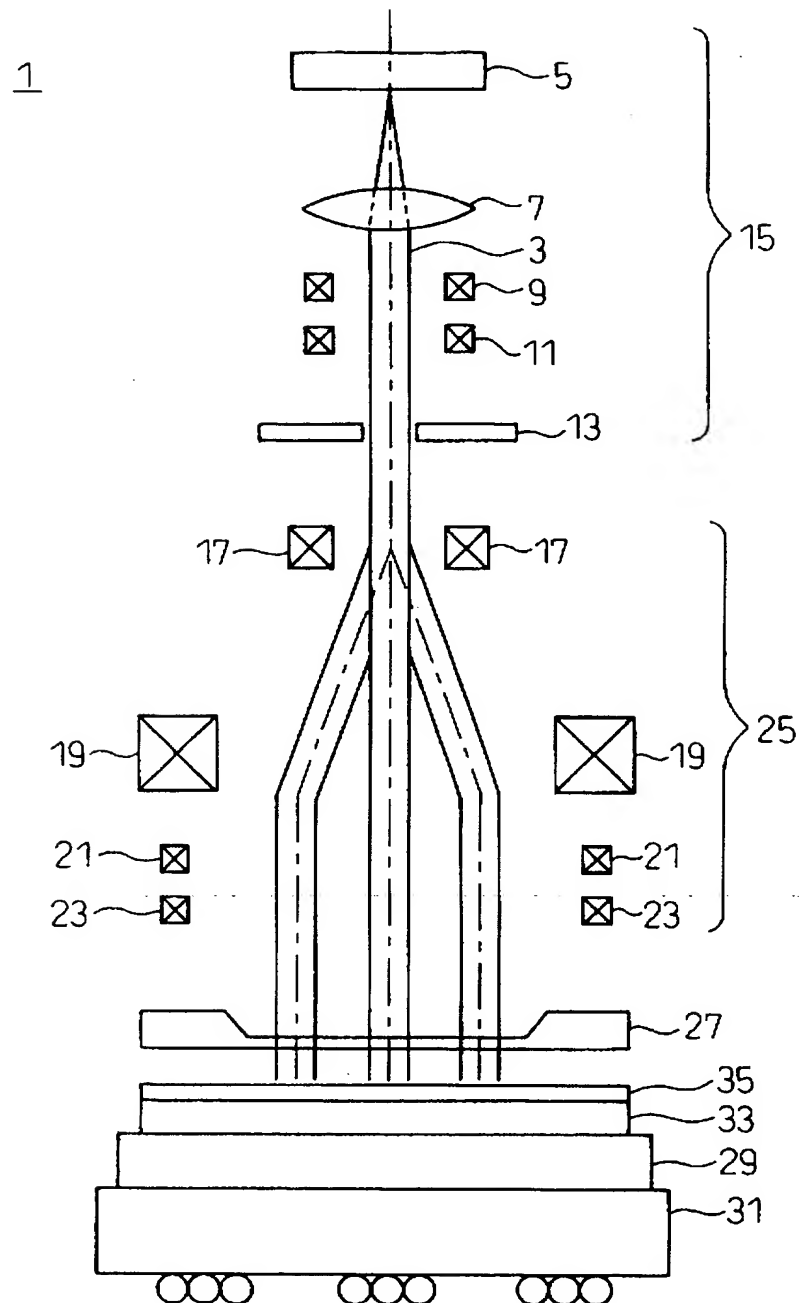
- 1…電子ビーム近接露光装置
- 3…電子ビーム
- 5…電子ビーム源
- 7…レンズ
- 9…Y 軸非点収差補正コイル
- 11…X 軸非点収差補正コイル
- 101、201…焦点／非点収差調整装置
- 115…検知部
- 117…測長手段
- 119…焦点較正情報記憶手段
- 121…非点収差較正情報記憶手段
- 123…焦点較正手段
- 125、125'…Y 軸非点収差補正手段
- 127、127'…X 軸非点収差補正手段
- 131…整形手段
- 189…Y 軸測長結果比較手段
- 191…X 軸測長結果比較手段

【書類名】

図面

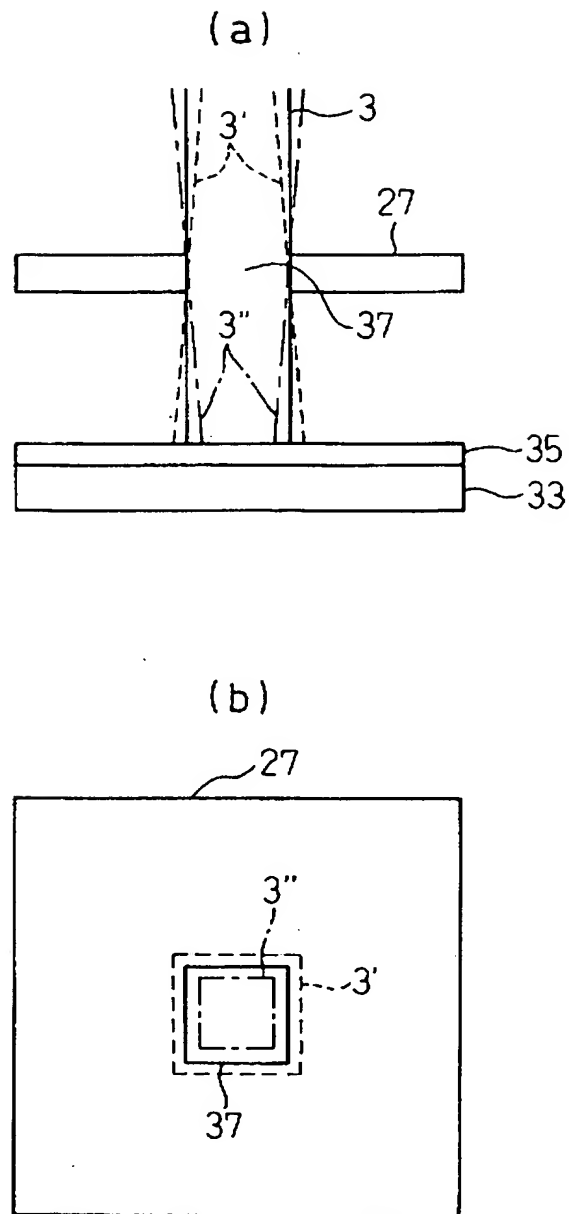
【図 1】

図 1



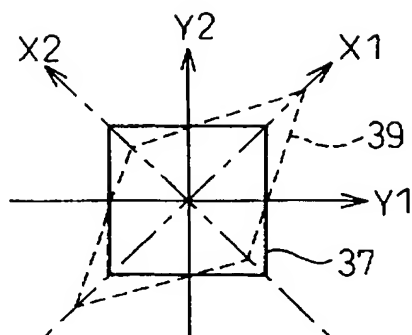
【図 2】

図 2



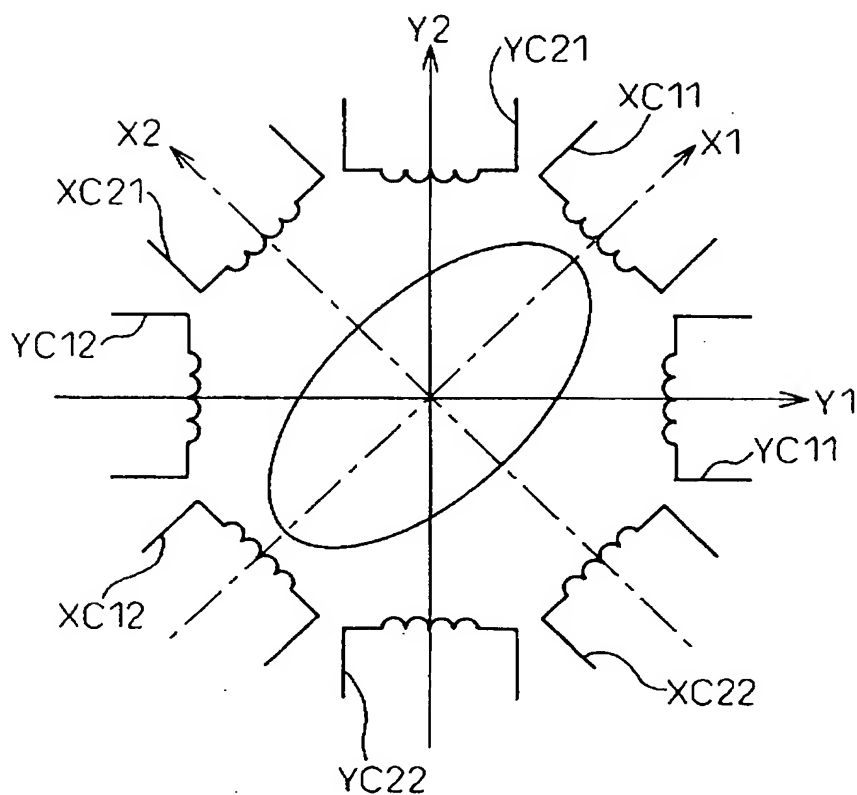
【図 3】

図 3



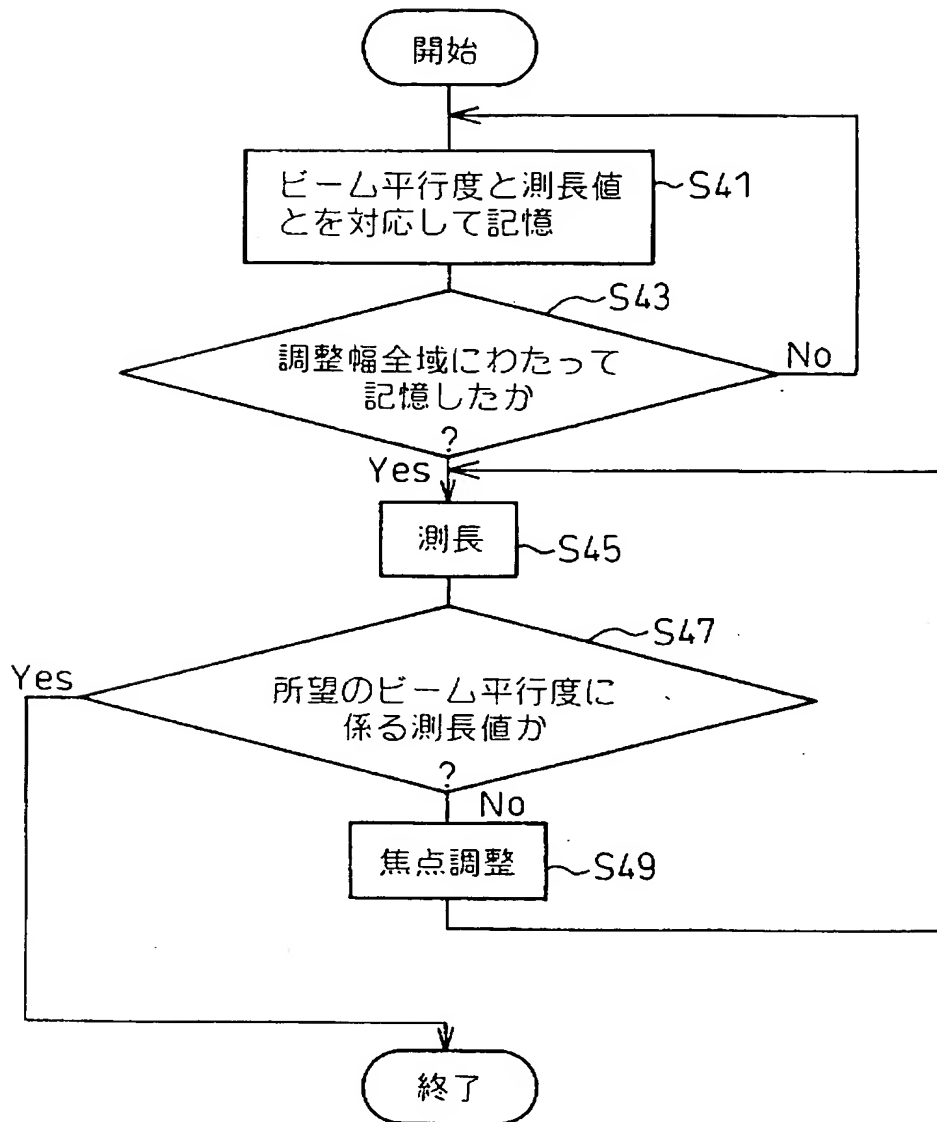
【図 4】

図 4



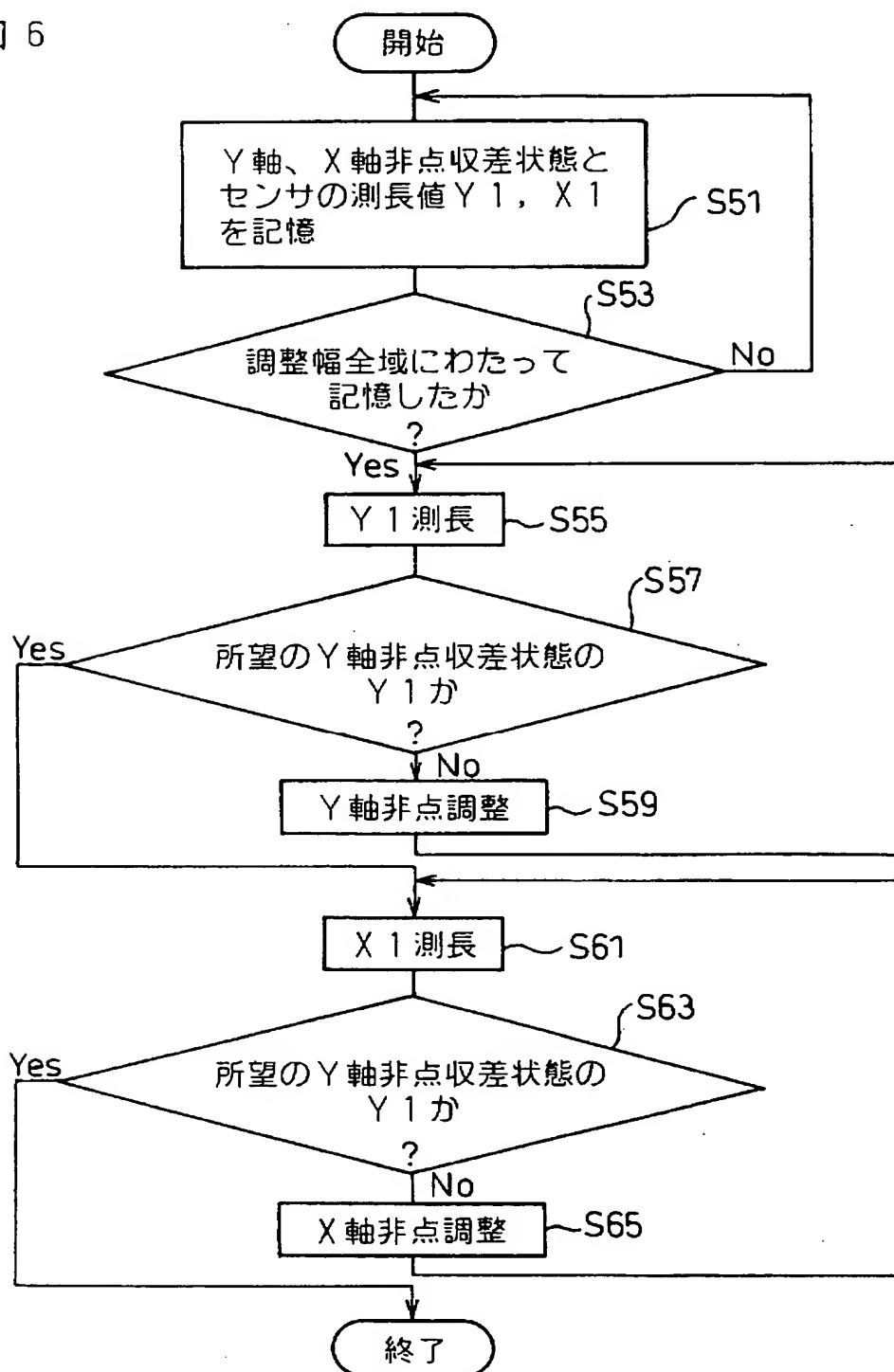
【図 5】

図 5



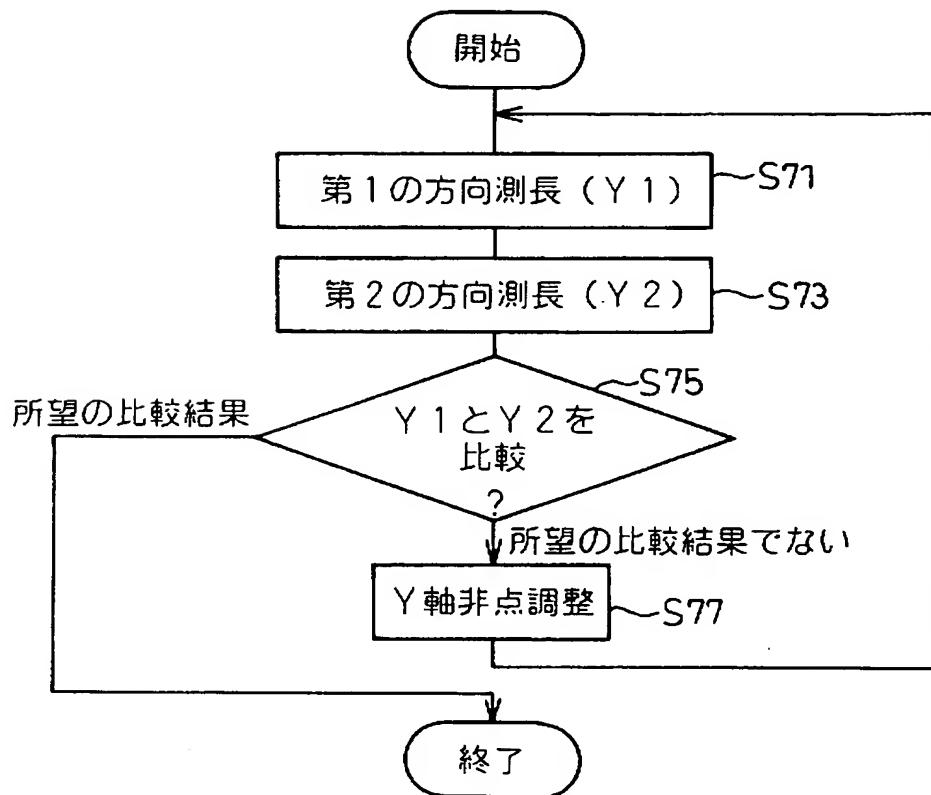
【図 6】

図 6



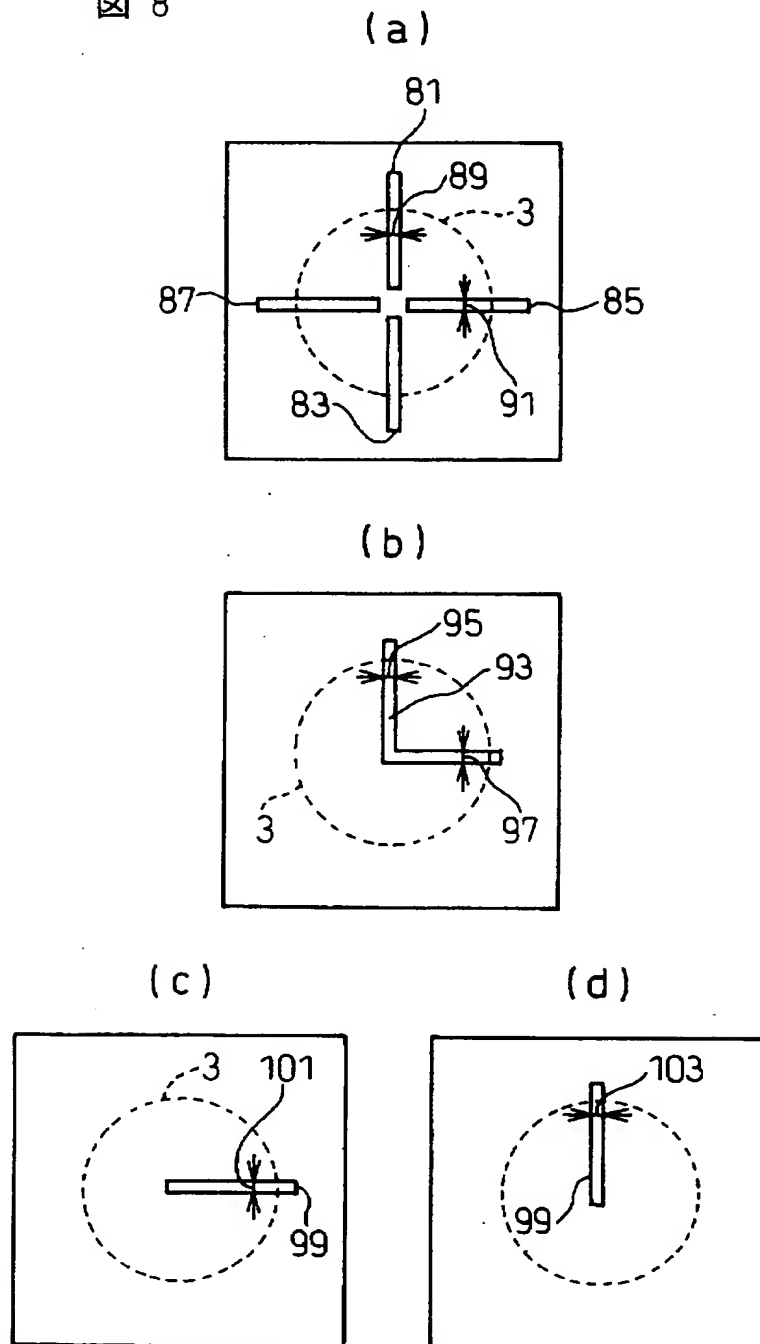
【図 7】

図 7



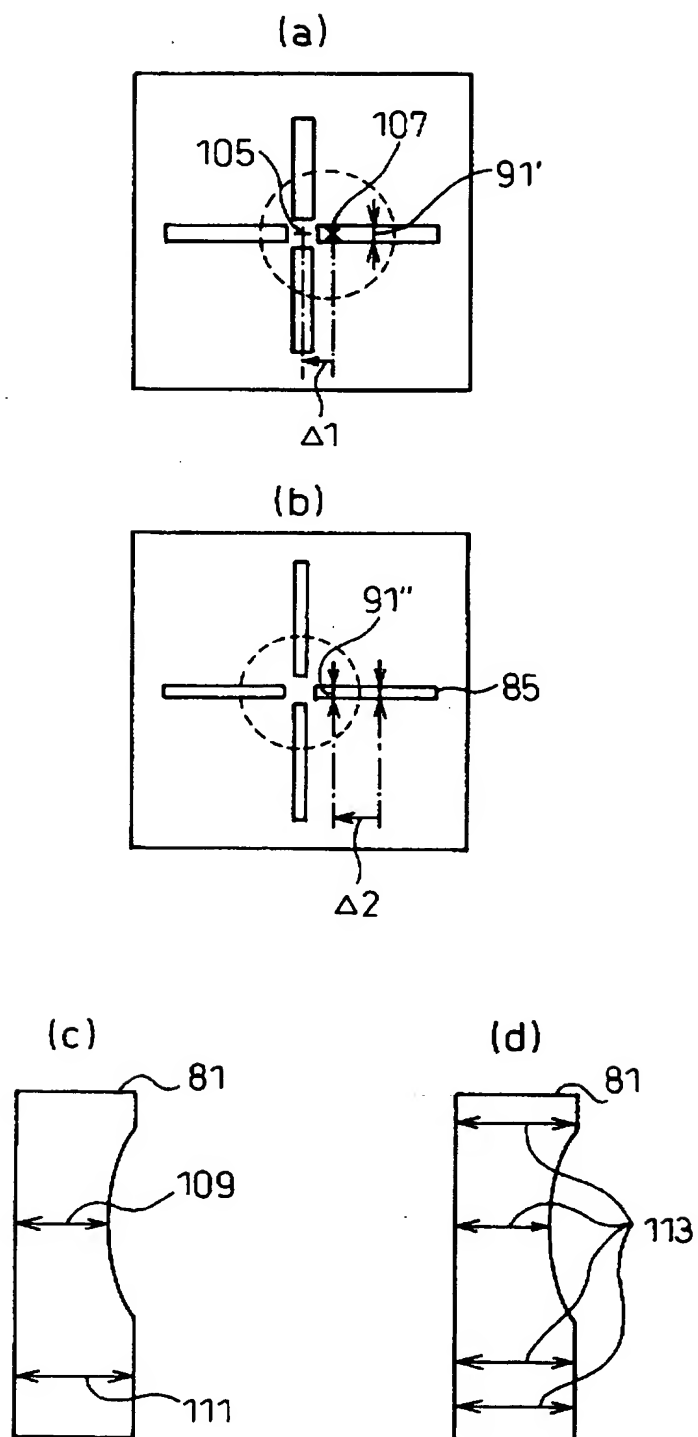
【図 8】

図 8



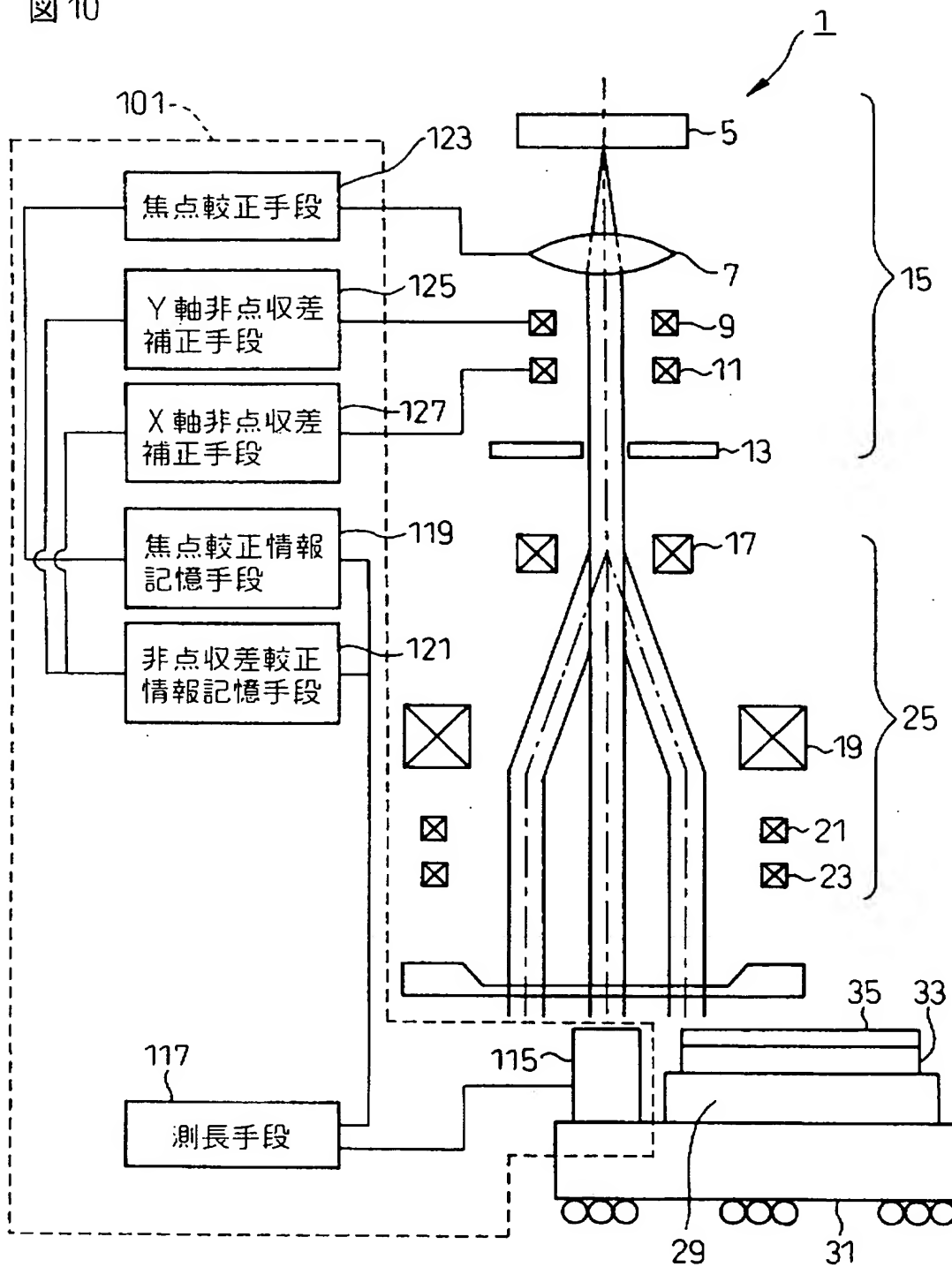
【図 9】

図 9



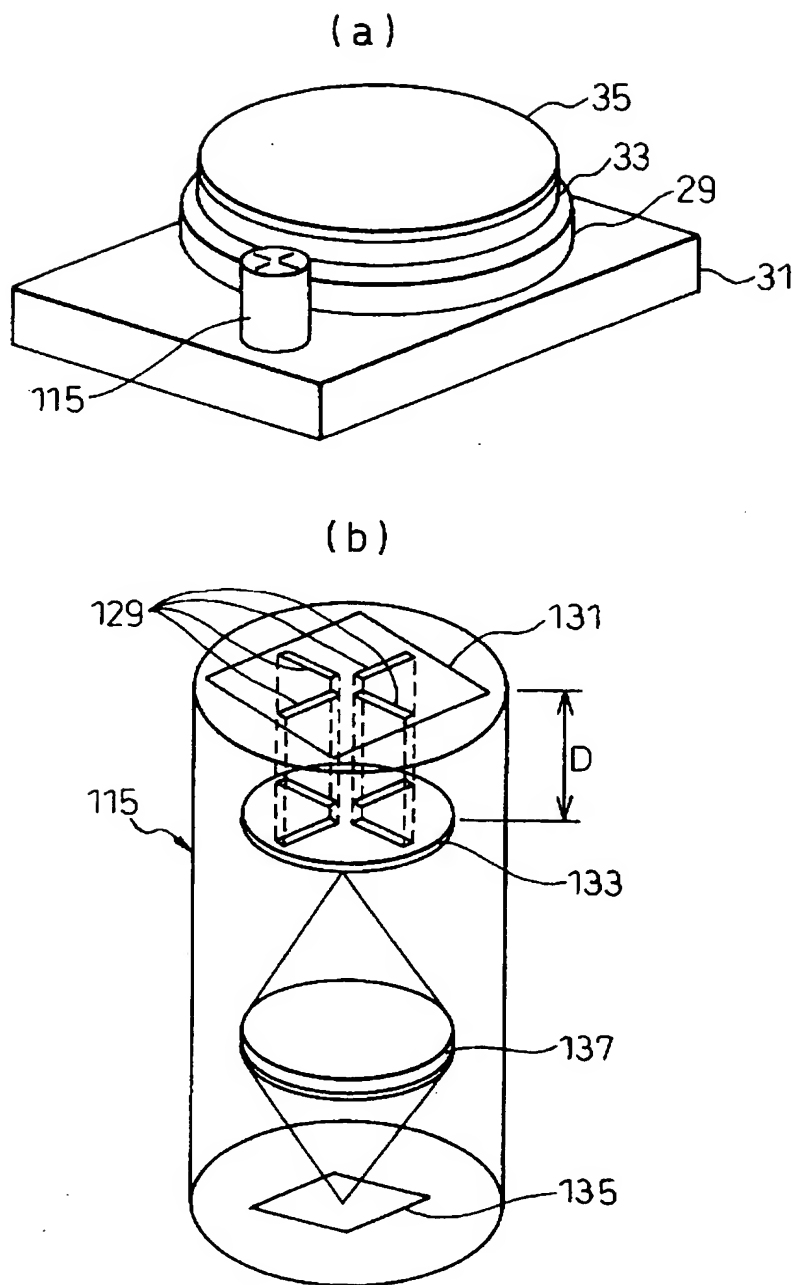
【図 10】

図 10



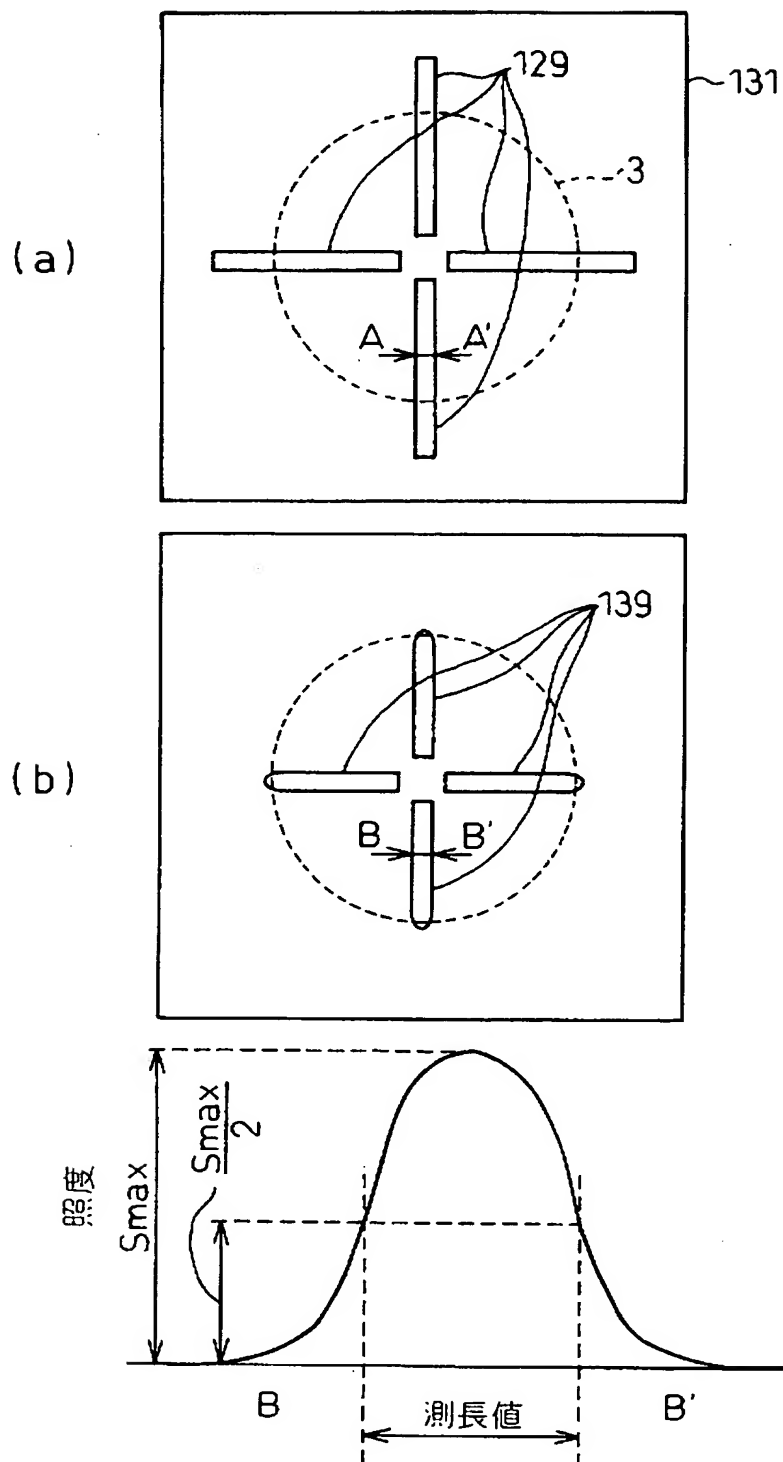
【図 11】

図 11



【図 12】

図 12



【図 13】

図 13

(a)

焦点校正情報 (その 1)

状態	転写幅 (μm)	測長値 (μm)
A	39.7	20.8
B	39.8	20.9
C	30.0	21.0
D	30.1	21.1
E	30.3	21.2

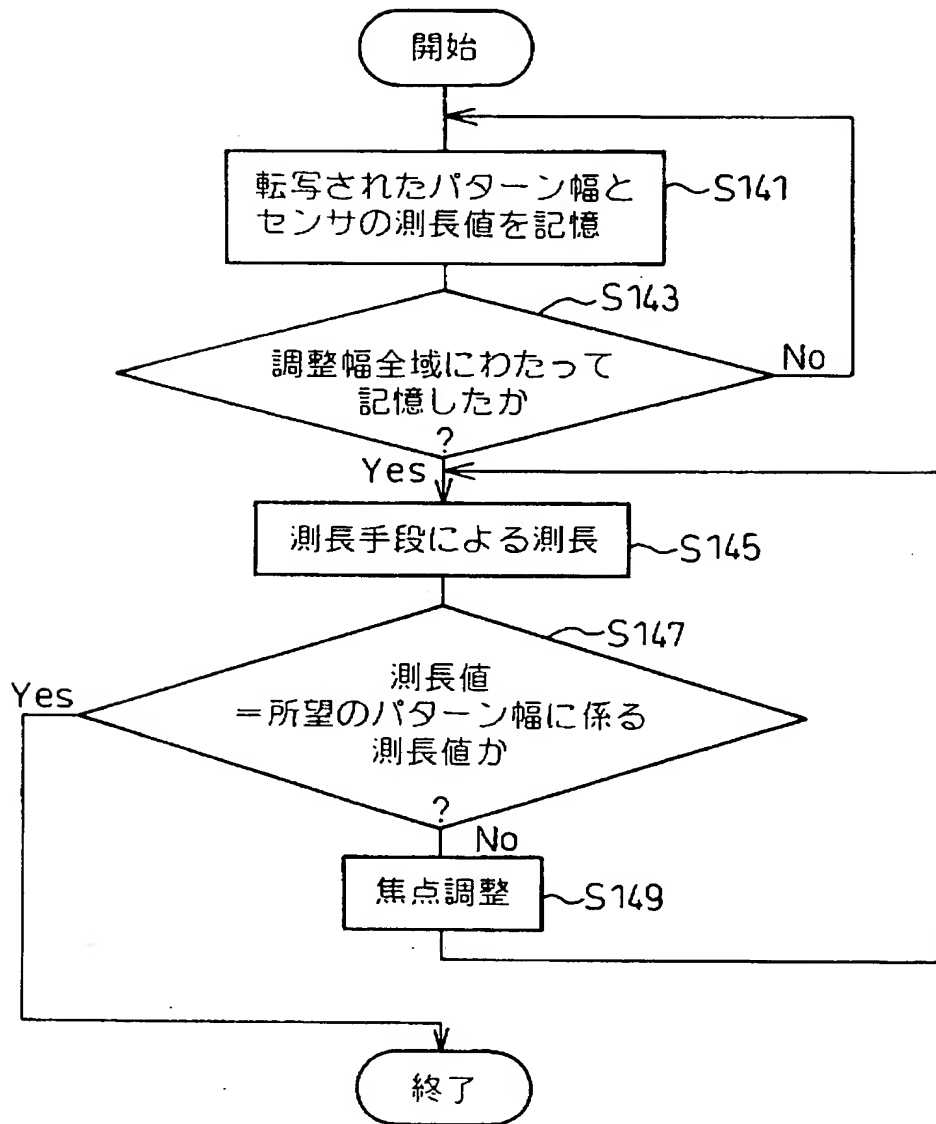
(b)

焦点校正情報 (その 2)

状態	転写幅 (μm)	測長値 (μm)
A	39.6	20.80
B	39.7	20.85
C	39.8	20.90
D	39.9	20.95
E	40.0	21.00
F	40.1	21.00
G	40.2	21.10
H	40.3	21.15
I	40.4	23.15

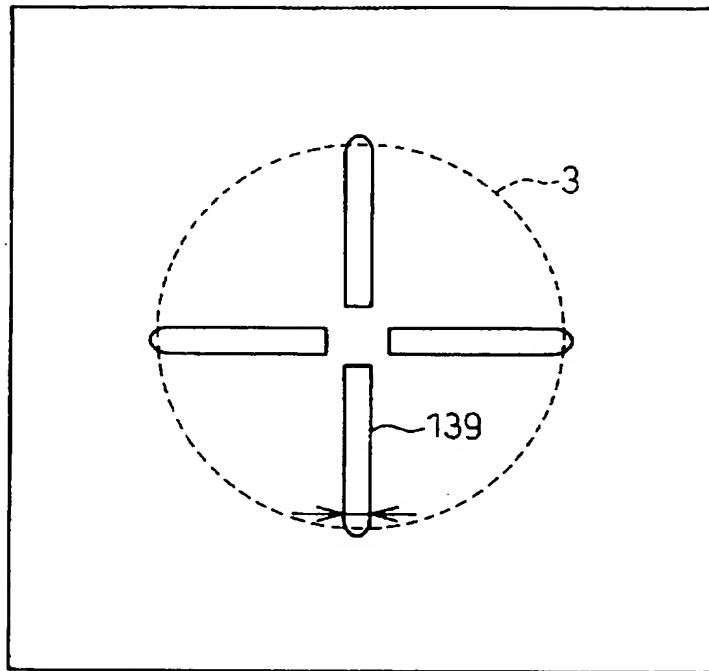
【図 14】

図 14



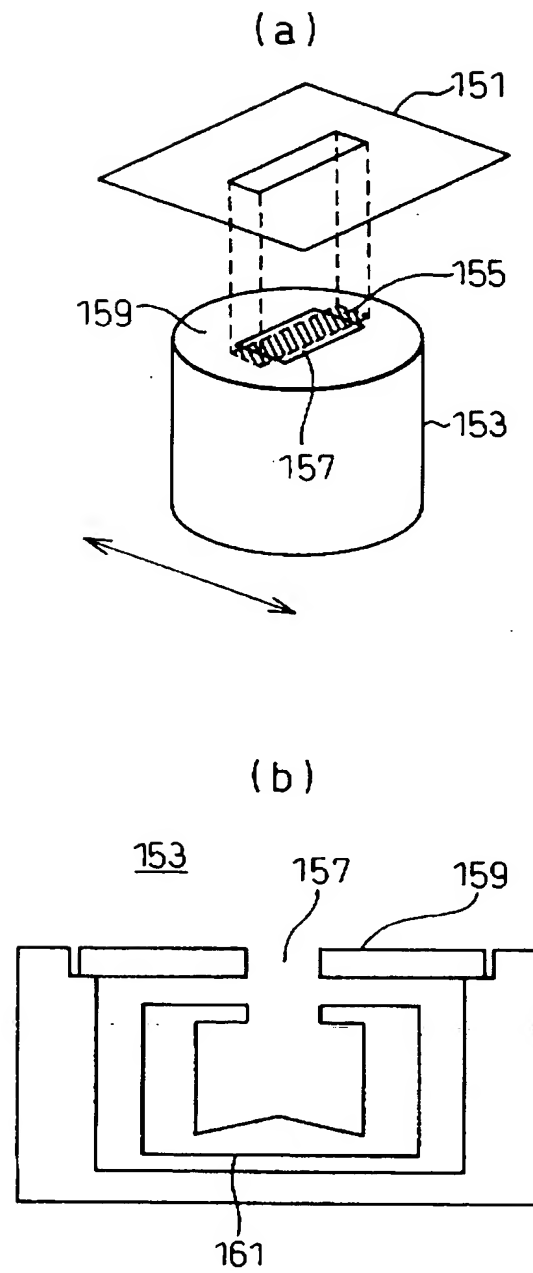
【図 15】

図 15



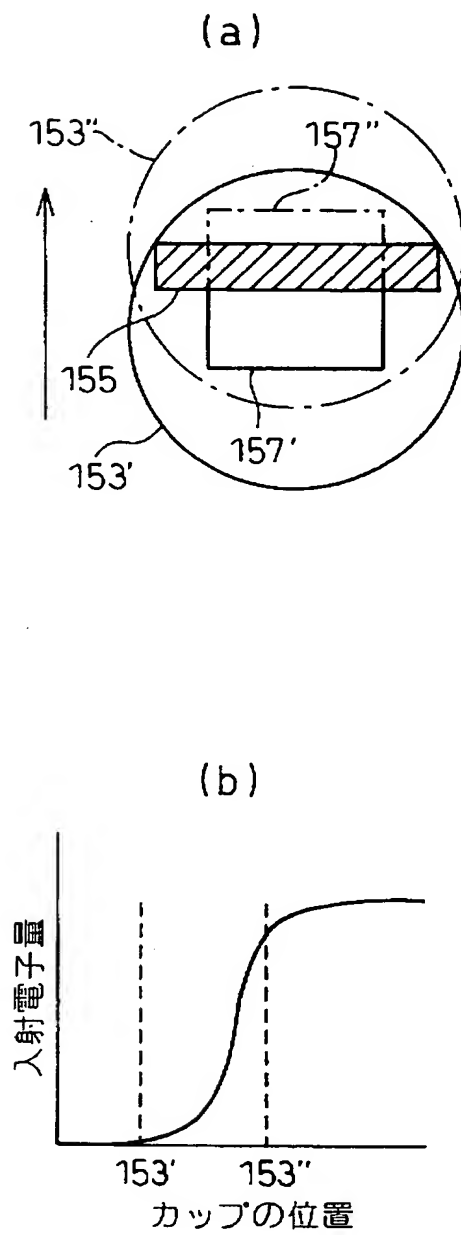
【図 16】

図 16



【図 17】

図 17



【図 1 8】

図 18

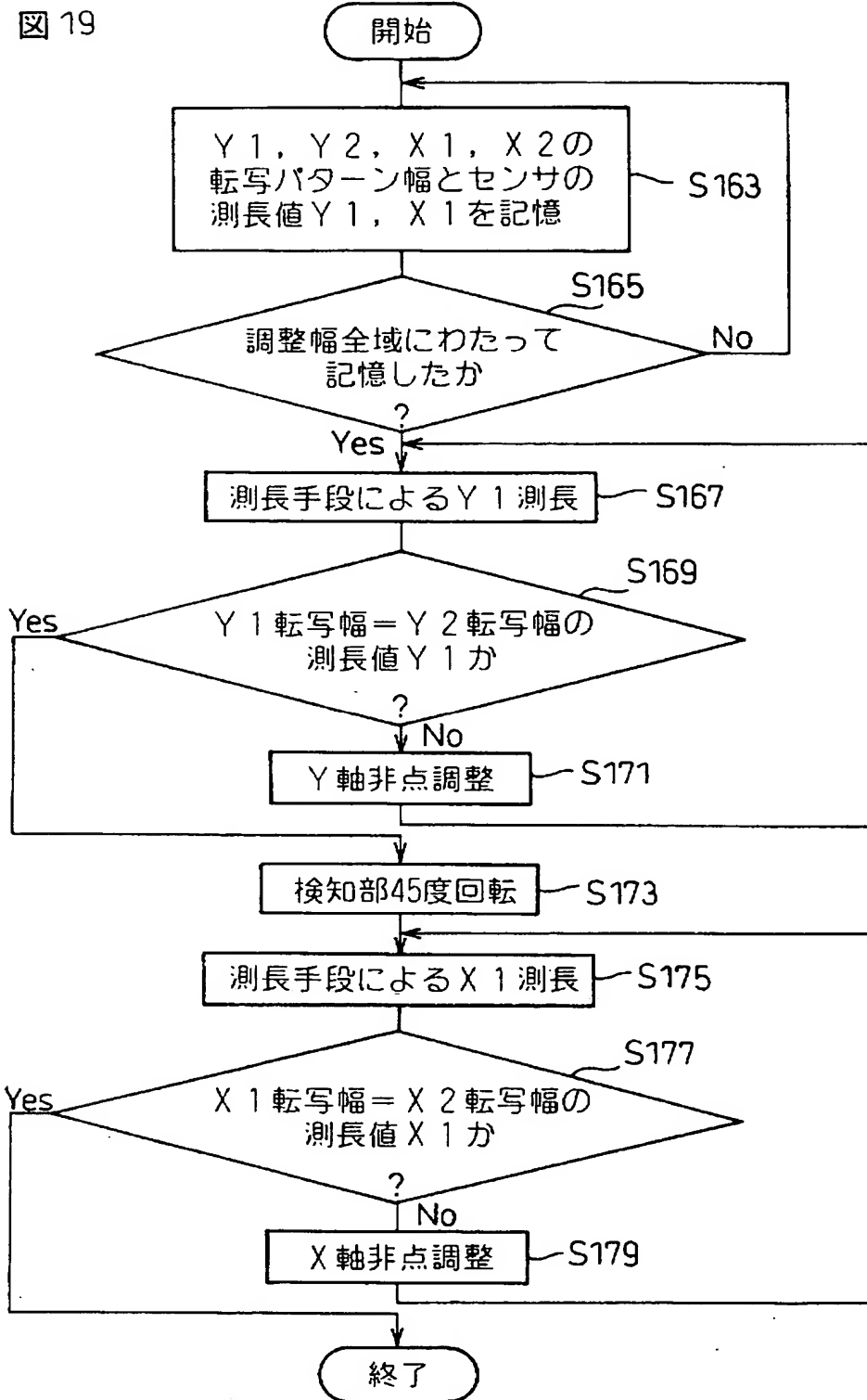
Y 軸非点収差校正情報

状態	転写幅 Y 1 (μm)	転写幅 Y 2 (μm)	測長値 Y 1 (μm)
A	39.90	40.10	20.85
B	39.95	40.05	20.90
C	40.00	40.00	20.95
D	40.04	39.95	21.00
E	40.10	39.90	21.05

X 軸非点収差校正情報

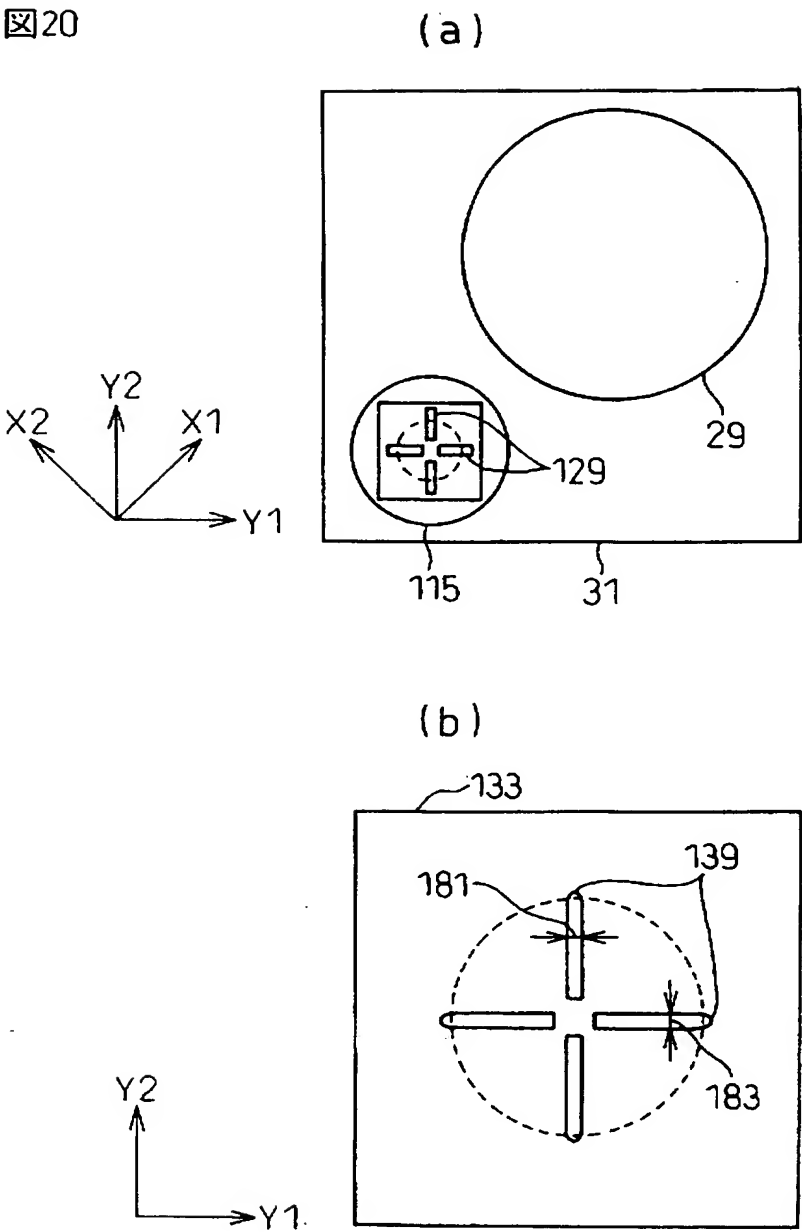
状態	転写幅 X 1 (μm)	転写幅 X 2 (μm)	測長値 X 1 (μm)
A	39.89	40.09	20.80
B	39.96	40.05	20.85
C	40.00	40.00	20.90
D	40.05	39.94	20.95
E	40.11	39.91	21.00

【図 19】



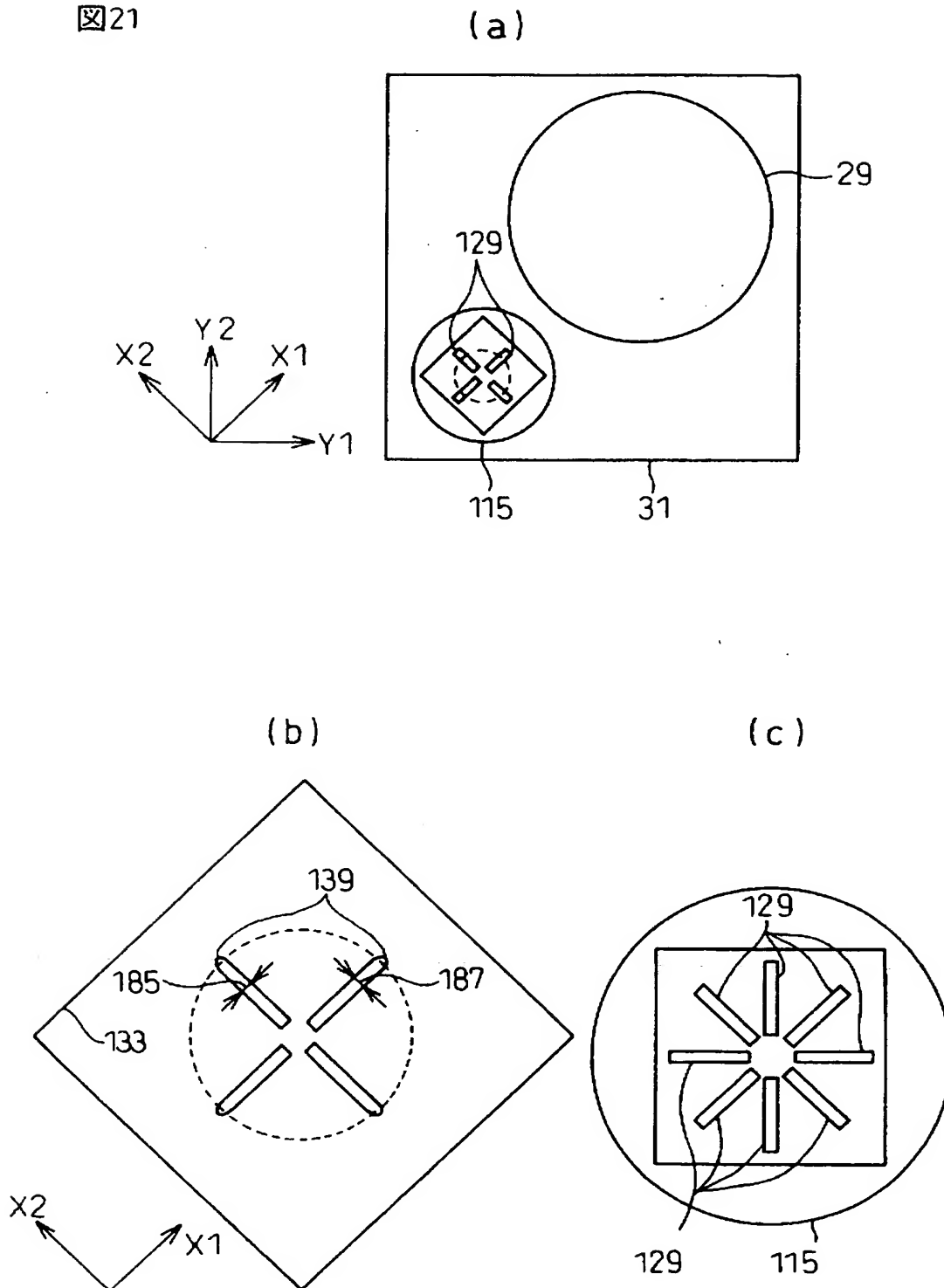
【図 20】

図20



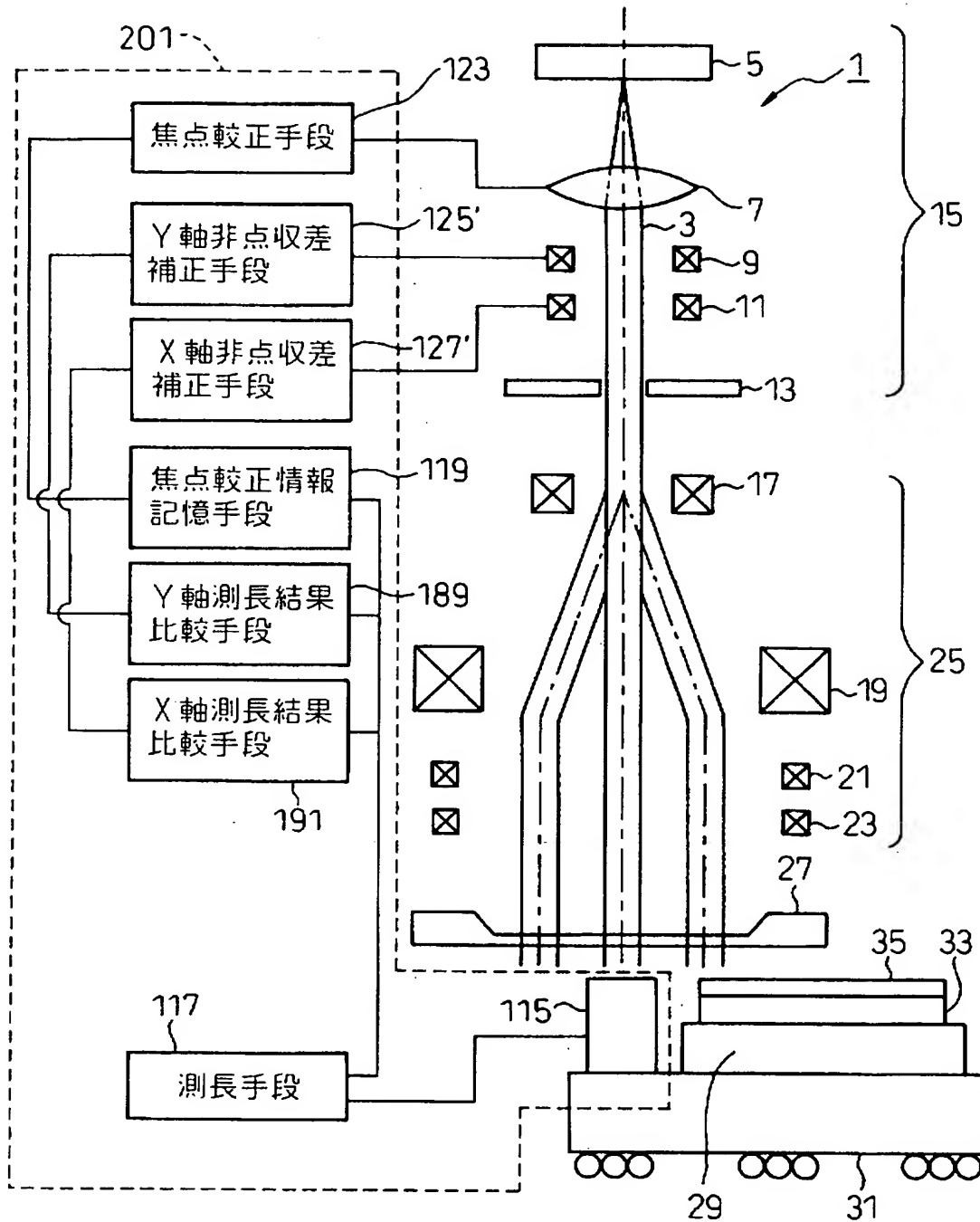
【図 21】

図21

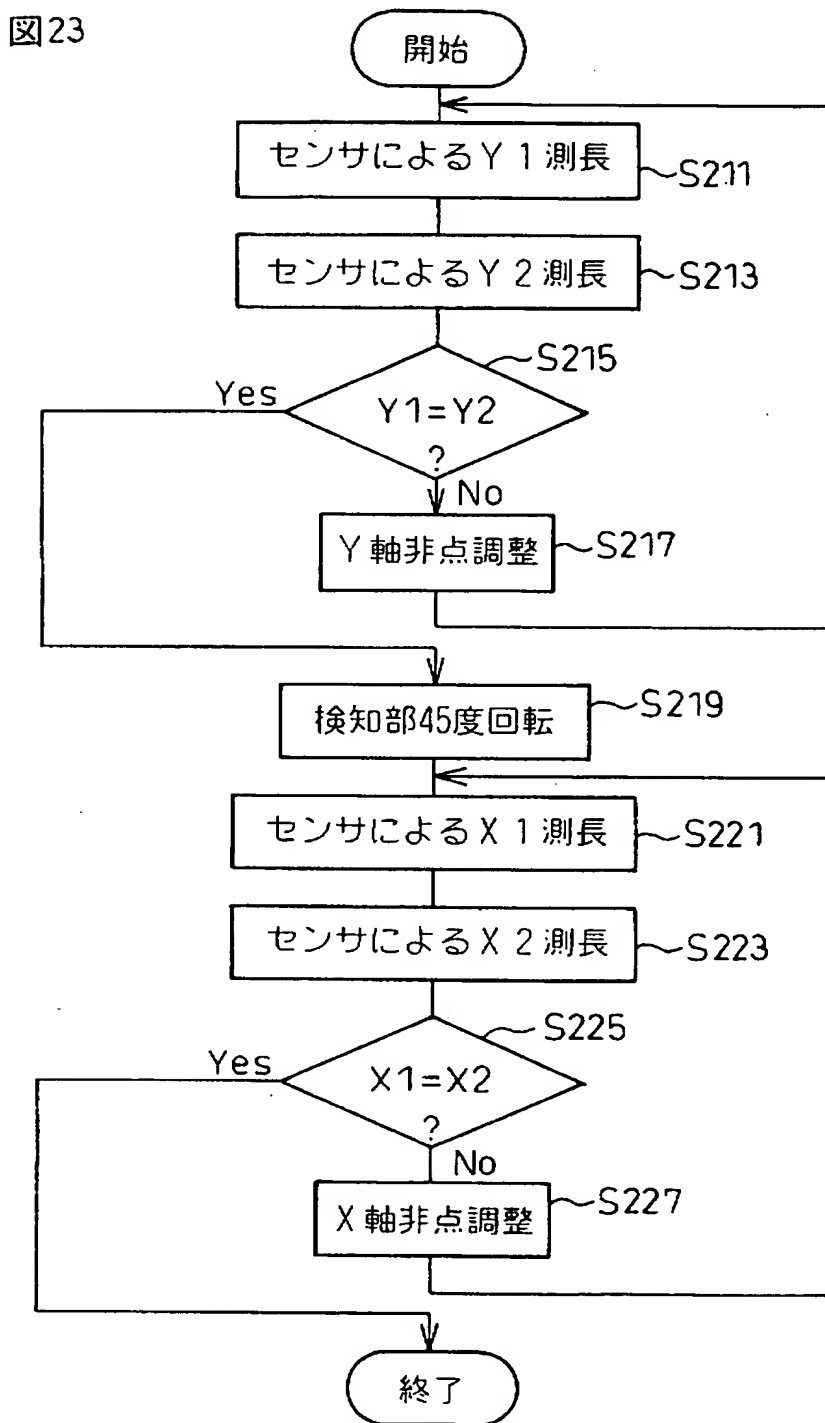


【図 22】

図22



【図 23】



【図 2 4】

図24

(a)

Y 軸測長値の比較

測長値 Y 1 (μ m)	測長値 Y 2 (μ m)
20.80	21.10
20.85	21.05
20.90	21.00
20.95	20.95
21.00	20.90

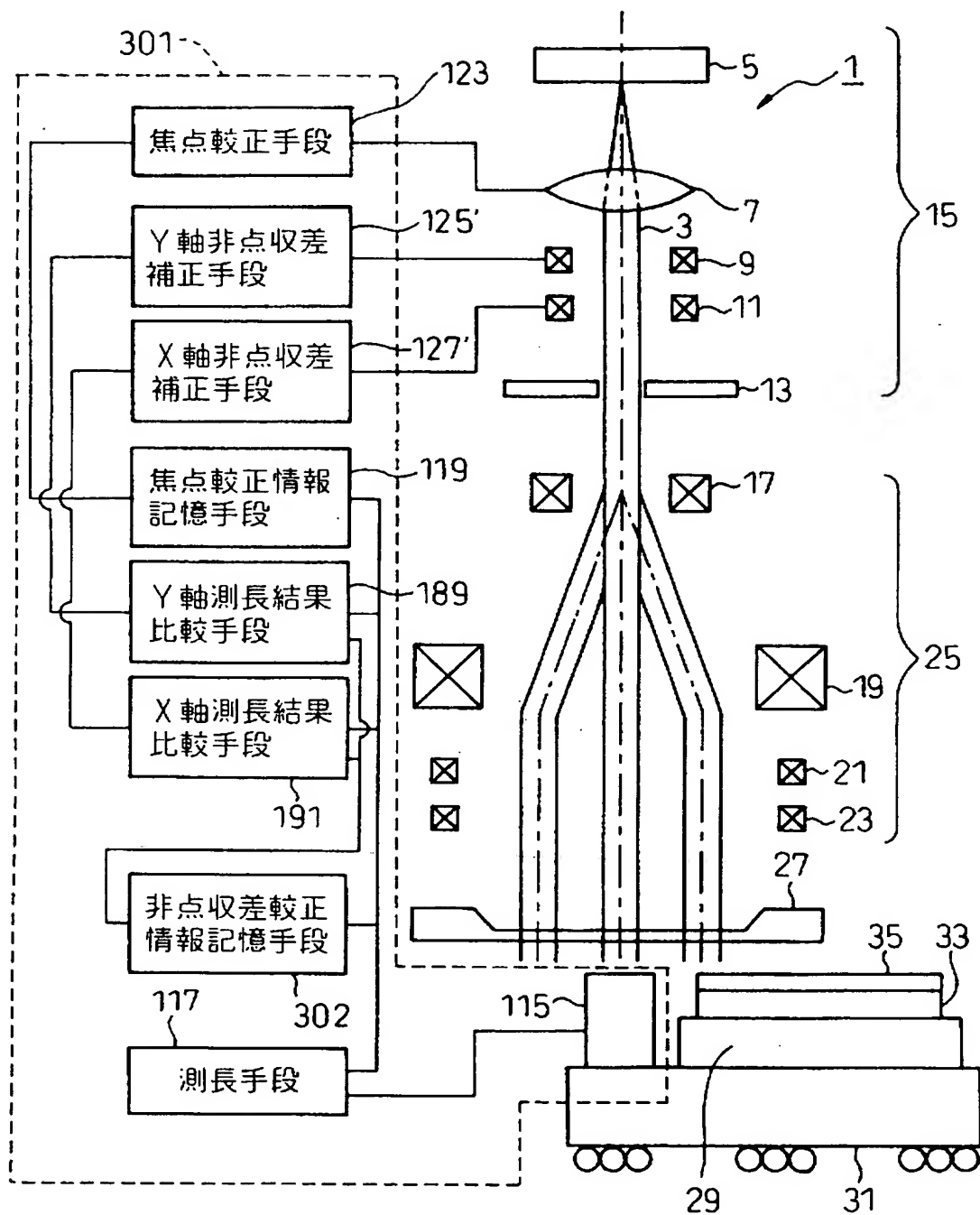
(b)

X 軸測長値の比較

測長値 X 1 (μ m)	測長値 X 2 (μ m)
20.80	21.00
20.85	20.95
20.90	20.90
20.95	20.85
21.00	20.80

【図 25】

図25



【図 26】

図 26

Y 軸非点収差校正情報

転写幅 Y 1' (μm)	測長値 Y 1 (μm)
39.90	20.85
39.95	20.90
40.00	20.95
40.04	21.00
40.10	21.05

転写幅 Y 2' (μm)	測長値 Y 2 (μm)
40.10	31.05
40.05	31.00
40.00	30.95
39.95	30.90
39.90	30.85

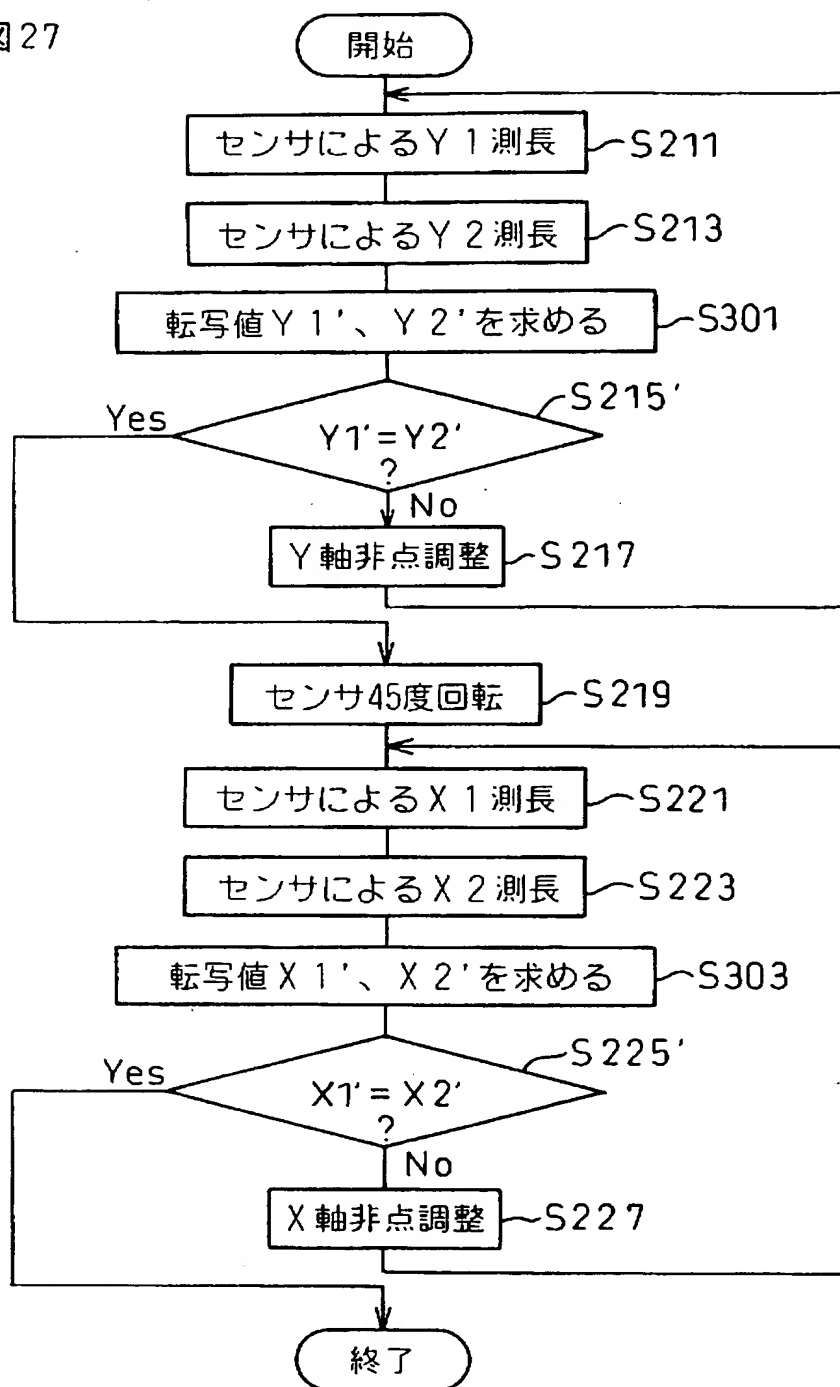
X 軸非点収差校正情報

転写幅 X 1' (μm)	測長値 X 1 (μm)
39.89	20.80
39.96	20.85
40.00	20.90
40.05	20.95
40.11	21.00

転写幅 X 2' (μm)	測長値 X 2 (μm)
40.09	30.80
40.05	30.85
40.00	30.90
39.94	30.95
39.91	31.00

【図 27】

図 27



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 焦点および非点収差調整を自動的に行うことができる電子ビーム近接露光装置の調整方法および調整装置を提供する。

【解決手段】 本発明の調整装置（101、121）は、所定形状スリットにより、測長部分を設けて電子ビームを整形する整形手段（131）と、測長部分を測長する測長手段（117）と、各焦点状態における測長結果とそのときのビーム平行度とを記憶する記憶手段（119）と、前記電子ビームの焦点を較正する焦点較正手段（113）とを備え、さらに各非点収差状態における測長結果とそのときの非点収差状態とを記憶する記憶手段（121）または直交する2方向に関する測長結果を比較する比較手段（189、191）と、電子ビームの非点収差を補正する非点収差補正手段（125、127）とを備えて構成した。

【選択図】 図10

特願 2 0 0 3 - 0 1 6 3 3 7

出 願 人 履 歷 情 報

識別番号

[0 0 0 1 5 1 4 9 4]

1. 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 2 8 日

[変更理由]

新規登録

住 所

東京都三鷹市下連雀 9 丁目 7 番 1 号

氏 名

株式会社東京精密